



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ 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, Αθλητισμού και Εργοθεραπείας του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης και του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» - Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης στην ποιότητα ύπνου σε ενήλικες με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2

Μπαλτζή Σ. Μαρία [Α.Ε.Μ.12201]

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

Κομοτηνή, 2026



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ 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, Αθλητισμού και Εργοθεραπείας του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης και του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» - Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης στην ποιότητα ύπνου σε ενήλικες με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2

Μπαλτζή Σ. Μαρία [Α.Ε.Μ.12201]

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

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

2ο Μέλος: Απόστολος Σπάσης, Μέλος Ε.Ε.Π. Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

3ο Μέλος: Δημήτριος Κυριαζάνος, Ερευνητής Β', ΕΚΕΦΕ - ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ

Κομοτηνή, 2026



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORT 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, Sport Science and Occupational Therapy of Democritus University of Thrace in Collaboration with the National Center for Science Research "DEMOKRITOS" - The Institute of Informatics and Telecommunications (IIT)

MASTER DISSERTATION

The effect of a combined exercise program on sleep quality in adults with type 2 diabetes mellitus

Maria S. Baltzi [R.N. 12201]

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, Sport Science and Occupational Therapy 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: Helen Douda, *Professor D.P.E.S.S. – D.U.Th*

Member 2: Apostolos Spassis, *Specialized Teaching Staff, D.P.E.S.S. – D.U.Th.*

Member 3: Dimitrios Kyriazanos, *Researcher B', N.C.S.R. - "DEMOCRITUS"*

Komotini, 2026



**© 2026 Διϊδρυματικό 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, Αθλητισμού και Εργοθεραπείας (Σ.Ε.Φ.Α.Α.Ε.) 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.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μπαλτζή Μαρία: Η επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης σε ενήλικες με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2

(Με την επίβλεψη της Καθηγήτριας Ελένης Δούδα)

Η ποιότητα ύπνου επηρεάζει σημαντικά τον μεταβολισμό της γλυκόζης και τη λειτουργία της ινσουλίνης. Έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά ότι η μειωμένη διάρκεια ή η κακή ποιότητα ύπνου σχετίζεται με τον αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης του Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2 (ΣΔτ2), καθώς και με τη δυσκολία ρύθμισης των επιπέδων σακχάρου στους μεταβολικούς ασθενείς. Μελέτες δείχνουν ότι η άσκηση συμβάλει στην αναβάθμιση της ποιότητας του ύπνου μέσω νευροενδοκρινών και μεταβολικών μηχανισμών. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης και της διακοπής του στην ποιότητα του ύπνου σε άτομα με ΣΔτ2. Συμμετείχαν εθελοντικά 12 άτομα με ΣΔτ2 (ηλικίας 61.07 ± 8.93 yrs, BMI 32.16 ± 4.80 kg/m², HbA1c $\geq 6.5\%$), όπου πραγματοποίησαν ένα συνδυαστικό παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης (αερόβια άσκηση και άσκηση με αντιστάσεις) με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα, χρονικής διάρκειας 60 λεπτών. Η αερόβια άσκηση πραγματοποιήθηκε σε εργοποδήλατο (Monark, Sweden) και η έντασή της, που προσδιορίστηκε μέσα από τη δοκιμασία της καμπύλης γαλακτικού, ήταν προοδευτικά αυξανόμενη κάθε εβδομάδα. Η μυϊκή ενδυνάμωση περιλάμβανε ασκήσεις μυϊκών ομάδων, άνω-κάτω άκρων, 3σετ x 12επαναλήψεις x 90sec και 3σετ x 15επαναλήψεις x 90sec κοιλιακών/ραχιαίων. Η επιβάρυνση διαφοροποιήθηκε στις 4 εβδομάδες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην έναρξη, στη λήξη (8η εβδομάδα) της άσκησης, καθώς και μετά την διακοπή της (12η εβδομάδα), με τη χρήση smartwatch και αφορούσαν παραμέτρους της ποιότητας ύπνου (διάρκεια, συνέχεια, κύκλοι ύπνου, REM, βαθύς και ελαφρύς ύπνος) και του κεντρικού νευρικού συστήματος (HRV, HRavg, BTB, συχνότητα αναπνοών κάθε λεπτό). Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στον πραγματικό χρόνο ύπνου (min και % ύπνου) και στη συνέχεια της διάρκειας του ύπνου ($p < 0.05$). Αναφορικά με τις παραμέτρους του κεντρικού νευρικού συστήματος σημειώθηκαν βελτιώσεις χωρίς ωστόσο να είναι στατιστικά σημαντικές ($p > 0.05$). Παρά την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφοροποιήσεων σε ορισμένες παραμέτρους, τα αποτελέσματα



υποδεικνύουν την ευνοϊκή τάση, επιβεβαιώνοντας τον ευεργετικό ρόλο της άσκησης, στη βελτίωση της ποιότητας ύπνου στα άτομα με ΣΔτ2.

Λέξεις Κλειδιά: ΣΔτ2, ποιότητα ύπνου, συνδυαστικό πρωτόκολλο άσκησης



ABSTRACT

Maria Baltzi: The effect of exercise training program on quality of sleep in individuals with type 2 diabetes mellitus

(Under the supervision of Professor Dr. Helen Douda)

Sleep quality significantly affects glucose metabolism and insulin function. It has been scientifically documented that reduced sleep duration or poor sleep quality is associated with an increased risk of developing type 2 diabetes (T2DM), as well as difficulties in regulating blood glucose levels in individuals with metabolic disorders. Studies indicate that exercise contributes to improving sleep quality through neuroendocrine and metabolic mechanisms. The aim of the present study was to examine the effect of a combined exercise program and its subsequent cessation on sleep quality in individuals with T2DM. Twelve volunteers with T2DM participated in the study (age: 61.07 ± 8.93 yrs, BMI 32.16 ± 4.80 kg/m², HbA1c $\geq 6.5\%$). Participants undertook a combined exercise intervention (aerobic and resistance training) three times per week, with each session lasting 60 minutes. Aerobic exercise was performed on a cycle ergometer (Monark, Sweden), and its intensity—determined through a lactate curve test—was progressively increased each week. Resistance training included exercises targeting the major muscle groups of the upper and lower limbs (3 sets \times 12 repetitions, 90 s rest) as well as the abdominal and back muscles (3 sets \times 15 repetitions, 90 s rest), with load adjustments every four weeks. Measurements were obtained at baseline, post-intervention (week 8), and after exercise cessation (week 12) using a smartwatch. The parameters assessed included sleep quality (total sleep time, sleep continuity, sleep cycles, REM sleep, deep sleep, and light sleep) and autonomic nervous system function (heart rate variability [HRV], average heart rate [HRavg], beats-to-beat interval [BTB], and respiratory rate per minute). Statistically significant improvements were observed in actual sleep time (both in minutes and as a percentage of total sleep time) and sleep continuity ($p < 0.05$). Improvements were also noted in autonomic nervous system parameters; however, these did not reach statistical significance ($p > 0.05$). Despite the lack of statistically significant differences in some



variables, the results indicate a positive trend, supporting the beneficial role of exercise in enhancing sleep quality in individuals with T2DM.

Keywords: *T2DM, quality of sleep, combined exercise program*

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ABSTRACT	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	Xiv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
Προσδιορισμός προβλήματος	17
Σκοπός της εργασίας	18
Σημασία της έρευνας	19
Ερευνητικές υποθέσεις	20
<i>Μηδενικές υποθέσεις</i>	20
<i>Εναλλακτικές υποθέσεις</i>	21
Περιορισμοί της έρευνας	22
Λειτουργικοί ορισμοί	22
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	24
Χαρακτηριστικά του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2	24
Η επίδραση του Σακχαρώδη Διαβήτη στην ποιότητα του ύπνου	25
Η επίδραση της άσκησης στην ποιότητα του ύπνου και στην υγεία ατόμων με ΣΔτ2.....	26
Εφαρμογή προγραμμάτων αερόβιας άσκησης σε άτομα με ΣΔτ2.....	28
Εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης αντιστάσεων σε άτομα με ΣΔτ2	29
Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	30
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	32
Δείγμα.....	32



Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων	33
Παρεμβατικό πρόγραμμα συνδυαστικού προγράμματος άσκησης.....	34
Περιγραφή μετρήσεων	35
Ποιότητα ύπνου	37
Όργανα μετρήσεων	37
Στατιστική ανάλυση	38
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	48
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	50
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.	Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων κατά την έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος άσκησης	32
-------------------	---	----

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

Σχήμα 1	Αποτελέσματα καταγραφής της διάρκειας ύπνου (min)	39
Σχήμα 2	Αποτελέσματα καταγραφής της διάρκειας του ύπνου (%).....	40
Σχήμα 3	Αποτελέσματα καταγραφής της συνέχειας του ύπνου σε 5θμια κλίμακα.....	41
Σχήμα 4	Αποτελέσματα καταγραφής των κύκλων ύπνου.....	41
Σχήμα 5	Αποτελέσματα καταγραφής του REM ύπνου (%).....	42
Σχήμα 6	Αποτελέσματα καταγραφής του βαθύ ύπνου (%).....	43
Σχήμα 7	Αποτελέσματα καταγραφής του ελαφρύ ύπνου (%).....	43
Σχήμα 8	Αποτελέσματα καταγραφής της HRV (ms).....	44
Σχήμα 9	Αποτελέσματα καταγραφής της HRavg (bpm).....	45
Σχήμα 10	Αποτελέσματα καταγραφής της συχνότητας αναπνοής ανά λεπτό (bprn).....	45
Σχήμα 11	Αποτελέσματα καταγραφής της χρονικής διάρκειας από αναπνοή σε αναπνοή (ms).....	46
Σχήμα 12	Αποτελέσματα μετρήσεων της καμπύλης γλυκόζης (OGTT) στις διάφορες χρονικές στιγμές (0, 30', 60, 90' και 120') στην έναρξη, στις 4 εβδομάδες, στις 8 εβδομάδες και στις 12 εβδομάδες άσκησης.....	47

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 1.	Εφαρμογή προγράμματος άσκησης άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 στο Εργαστήριο «Κλινικής Εργοφυσιολογίας & Φυσιολογίας της Άσκησης» του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ.....	34
Εικόνα 2	Αξιολόγηση σύστασης σώματος.....	35
Εικόνα 3	Μέτρηση γλυκόζης αίματος με τη χρήση του μετρητή ControlBios.....	36



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

brpm: αναπνοές ανά λεπτό

HbA1c: Γλυκοζυλιωμένη Αιμοσφαιρίνη

HDL: Χοληστερόλη Υψηλής Πυκνότητας

HRavg: μέσος αριθμός καρδιακών παλμών ανά λεπτό

HRV: Μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας

LDL: Χοληστερόλη Χαμηλής Πυκνότητας

ms: millisecond, αντιστοιχεί σε 10^{-3} δευτερόλεπτα

OGTT: Δοκιμασία Ανοχής στη Γλυκόζη

TC: Ολική Χοληστερόλη

ΑΠ: Αρτηριακή Πίεση

ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος

ΚΣ: Καρδιακή Συχνότητα

ΣΑΠ: Συστολική Αρτηριακή Πίεση

ΣΔ: Σακχαρώδης Διαβήτης

ΣΔτ1: Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 1

ΣΔτ2: Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 2



Η επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης στην ποιότητα ύπνου σε ενήλικες με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 (ΣΔτ2) είναι μία μακροχρόνια μεταβολική πάθηση που ορίζεται κυρίως από υψηλά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα λόγω αντίστασης στην ινσουλίνη ή και σχετικής έλλειψης ινσουλίνης. Αυτή η πάθηση συχνά οδηγεί σε συνδυασμό άλλων προβλημάτων υγείας συμπεριλαμβανομένης και της διαταραχής του ύπνου (Simon et al., 2020). Ο ύπνος παίζει ουσιαστικό ρόλο στην υγεία. Η διάρκεια του ύπνου έχει συνδεθεί με διάφορες μεταβολικές μεταβολές που συντελούν στην ανάπτυξη του ΣΔτ2 (Cespedes, Bhupathiraju, Li, Rosner, Redline & Hu, 2016). Οι διαταραχές του ύπνου ενδεχομένως να επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις σε παθήσεις όπως ο σακχαρώδης διαβήτης (ΣΔ) (Chazens et al., 2021). Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν συσχετίζουν τη διάρκεια ύπνου και την εξέλιξη του ΣΔτ2 (Leproult, Deliens, Gilson, & Peigneux, 2015; Song, Liu, Zhou, Wang & Wu, 2016). Η μελέτη των Song και συν. (2023) οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι η κακή ποιότητα ύπνου παρουσιάζει μεγάλη συσχέτιση με τον γλυκαιμικό έλεγχο και την ποιότητα ζωής των ατόμων με ΣΔτ2.

Τα τελευταία χρόνια, η επιστημονική έρευνα έχει στραφεί συστηματικά στη διερεύνηση και καταγραφή των οφελών της άσκησης, καθώς οι ευεργετικές της επιδράσεις στον οργανισμό συμβάλλουν ουσιαστικά στη μείωση της εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων, στεφανιαίας νόσου, σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 (ΣΔτ2), υπέρτασης, καθώς και της θνησιμότητας (Chrysant & Chrysant, 2023). Επιπρόσθετα, η εφαρμογή οργανωμένων προγραμμάτων άσκησης έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την έναρξη, τη διάρκεια και την ποιότητα του ύπνου, παράγοντες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της σωματικής υγείας και της ψυχικής ευεξίας (Li et al., 2022; Yin et al., 2017; Jike et al., 2018). Κάτι τέτοιο θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό, εξαιτίας του γεγονότος ότι το 1/3 της ζωής του ο άνθρωπος κοιμάται. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή της άσκησης θεωρείται μια αποτελεσματική μη φαρμακολογική



προσέγγιση για τη βελτίωση της ποιότητας ύπνου, συμπληρώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις υπάρχουσες θεραπείες σχετικά με τα προβλήματα ύπνου (Yang et al., 2012).

Δεδομένου ότι σακχαρώδης διαβήτης (ΣΔ) και ο ύπνος είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι, πολλά άτομα με ΣΔτ2 έρχονται αντιμέτωποι με την κακή ποιότητα ύπνου ή ακόμη και την αυπνία. Περίπου ένα στα δύο άτομα με ΣΔτ2 αναφέρει κακή ποιότητα ύπνου, η οποία αποδίδεται κυρίως στις διακυμάνσεις των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα και στα συναφή συμπτώματα της νόσου. Ειδικότερα, επεισόδια υπεργλυκαιμίας ή υπογλυκαιμίας κατά τη διάρκεια της νύχτας ενδέχεται να διαταράξουν τον ύπνο, προκαλώντας αυπνία και αίσθημα κόπωσης την επόμενη μέρα. Παράλληλα, ψυχολογικοί παράγοντες, όπως η κατάθλιψη και το άγχος που συχνά συνοδεύουν τη χρόνια φύση της πάθησης, μπορούν επίσης να συμβάλουν στη διατήρηση της αυπνίας και στη συνολική επιδείνωση της ποιότητας ύπνου (Pacheco & Singh, 2023).

Η ποιότητα του ύπνου συνδέεται με τον χρόνο, την ποσότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ύπνου και αξιολογείται μέσω επτά διαστάσεων, σύμφωνα με τον Pittsburgh Sleep Quality Index, (PSQI) δηλαδή τον «δείκτη ποιότητας ύπνου του Πίτσμπουργκ» (Buysse, Reynolds, Monk, Berman & Kupfer, 1989).

Συγκεκριμένα ο δείκτης PSQI περιλαμβάνει:

1. *Την υποκειμενική ποιότητα ύπνου, δηλαδή την προσωπική εκτίμηση του ατόμου για τον ύπνο του.*
2. *Την καθυστέρηση έναρξης του ύπνου, που αφορά στον χρόνο που απαιτείται για να αποκοιμηθεί.*
3. *Τη διάρκεια του ύπνου, δηλαδή τις ώρες πραγματικού ύπνου ανά νύχτα.*
4. *Τη συνήθη αποτελεσματικότητα του ύπνου, που εκφράζει το ποσοστό του χρόνου στο κρεβάτι κατά το οποίο το άτομο κοιμάται.*
5. *Τις διαταραχές ύπνου, όπως προβλήματα, ενοχλήσεις ή συμπτώματα που διακόπτουν τον ύπνο.*
6. *Τη χρήση υπνωτικών ή άλλων φαρμάκων που επηρεάζουν τον ύπνο.*
7. *Τη δυσλειτουργία κατά τη διάρκεια της ημέρας, η οποία σχετίζεται με τη συγκέντρωση και τη γενικότερη ημερήσια απόδοση.*

Ο δείκτης PSQI αποτελεί ένα από τα πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα και αξιόπιστα εργαλεία για την αξιολόγηση της ποιότητας του ύπνου τόσο σε κλινικούς όσο και σε



ερευνητικούς πληθυσμούς (Buysse et al., 1989). Ένας ακόμη τρόπος αντικειμενικής μέτρησης των παραμέτρων του ύπνου πραγματοποιείται μέσω ειδικών καταγραφικών συσκευών, με κυριότερη μέθοδο την πολυυπνογραφία, η οποία αποτελεί το πρότυπο αναφοράς για την μέτρηση και την ανάλυση της ποιότητας του ύπνου (Liu-Ambrose & Falck, 2019).

Προσδιορισμός του προβλήματος

Ο σακχαρώδης διαβήτης είναι μία μακροχρόνια μεταβολική πάθηση, που ορίζεται από υψηλά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα λόγω αντίστασης στην ινσουλίνη ή και σχετικής έλλειψης ινσουλίνης, στην οποία συχνά παρατηρείται διαταραχή ύπνου (Simon et al., 2020). Η βραχεία διάρκεια ύπνου έχει συσχετιστεί με μεταβολικές διαταραχές που ενδέχεται να ευνοούν την ανάπτυξη του ΣΔτ2 (Cespedes, Bhupathiraju, Li, Rosner, Redline & Hu 2016). Δεδομένου ότι ο ύπνος διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της σωματικής υγείας και της συνολικής ευεξίας, οι διαταραχές του συνδέονται με σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στον τρόπο ζωής και στη διαχείριση χρόνιων παθήσεων, συμπεριλαμβανομένου και του ΣΔ (Chasens et al., 2021).

Τα τελευταία χρόνια το ερευνητικό ενδιαφέρον τείνει προς τη διερεύνηση των επιπτώσεων της άσκησης στα άτομα με ΣΔτ2. Η άσκηση θεωρείται ένα από τα βασικά στοιχεία διαχείρισης του τρόπου ζωής για τον ΣΔτ2, καθώς αποδεικνύεται ερευνητικά πως βελτιώνει τον γλυκαιμικό έλεγχο (επίπεδα σακχάρου στο αίμα, HbA1c), μειώνει το σωματικό βάρος αυξάνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και βελτιώνει την καρδιαγγειακή λειτουργία. Η εφαρμογή πρωτοκόλλων αερόβιας άσκησης σε συνδυασμό με ασκήσεις αντιστάσεων ενδείκνυται για τα άτομα με ΣΔτ2, καθώς συμβάλλει στη βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου και της συνολικής μεταβολικής υγείας (Liang, Pan, Zhong, Zeng & Cheng, 2021). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η υιοθέτηση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης και η αύξηση της σωματικής δραστηριότητας σχετίζονται με βελτιωμένη ποιότητα ύπνου, γεγονός που ενισχύει περαιτέρω τα οφέλη για την υγεία των ατόμων με ΣΔτ2 (Dhaliwal et al., 2019).

Παράγοντες, όπως η ηλικία και το φύλο, είναι γνωστό ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην μετάβαση των σταδίων του ύπνο στον άνθρωπο. Αναφορικά, σε μία σχετική μελέτη



καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι άνδρες φαίνεται να κοιμούνται μικρότερα διαστήματα από τις γυναίκες και ότι οι άνδρες είναι λιγότερο αποτελεσματικοί στον ύπνο από τις γυναίκες (Ohayon, Reynolds & Dauvilliers, 2013). Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν τις αποκρίσεις στο ερέθισμα της άσκησης σε παράγοντες όπως τα ορμονικά επίπεδα, οι φλεγμονώδεις αντιδράσεις και η αίσθηση κόπωσης. Δεδομένου ότι όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί εμπλέκονται στην προσαρμογή στην άσκηση, κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή στρατηγικών εξατομικευμένης άσκησης, ώστε το πρόγραμμα να επιδρά με τον πλέον ευεργετικό τρόπο, ανεξαρτήτως φύλου, στα άτομα μεΣΔτ2.

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η άσκηση βελτιώνει τον γλυκαιμικό έλεγχο των ατόμων με ΣΔτ2, δεν υπάρχει επαρκής βιβλιογραφία σχετικά με την εφαρμογή ενός συνδυαστικού πρωτοκόλλου άσκησης και πως αυτό επηρεάζει την ποιότητα ύπνου των ατόμων αυτών. Συγκεκριμένα, η διερεύνηση των παραμέτρων της ποιότητας του ύπνου πραγματοποιήθηκε τόσο στην έναρξη, όσο και μετά τη λήξη της εφαρμογής του πρωτοκόλλου άσκησης. Επιπλέον, η καταγραφή των παραμέτρων της ποιότητας ύπνου επαναλήφθηκε και έπειτα από μία χρονική περίοδο μετά τη λήξη του προγράμματος (περίοδος αποπροπόνησης).

Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται και η διερεύνηση των παραμέτρων του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές, καθώς ενισχύει την κατανόηση των προαναφερθέντων μεταβολών και συμβάλει στη διερεύνησή του, κατά πόσο αυτές επηρεάζονται από την εφαρμογή άσκησης. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε γλυκαιμικός έλεγχος μέσω της καμπύλης γλυκόζης (Oral Glucose Tolerance Test, OGTT) για την εκτίμηση της επίδρασης του πρωτοκόλλου άσκησης στα άτομα με ΣΔτ2 για την ολιστική μελέτη των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τους ασθενείς με ΣΔτ2. Για αυτούς τους λόγους κρίνεται απαραίτητος ο προσδιορισμός της επίδρασης της εφαρμογής ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης στην ποιότητα του ύπνου και στον γλυκαιμικό έλεγχο των ατόμων με ΣΔτ2.

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να προσδιοριστεί η επίδραση ενός συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης και της διακοπής του στην ποιότητα ύπνου σε ενήλικες με ΣΔτ2.



Σημασία της έρευνας

Η παρούσα μελέτη έχει ιδιαίτερη επιστημονική και κλινική σημασία, καθώς διερευνά την επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης (αερόβιας και προπόνησης με αντιστάσεις) στην ποιότητα ύπνου ατόμων με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2, καθώς και τις μεταβολές που επέρχονται μετά τη διακοπή της άσκησης. Παρότι η άσκηση αποτελεί βασικό πυλώνα στη διαχείριση του ΣΔτ2, η επίδρασή της στην ποιότητα ύπνου και στη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος δεν έχει μελετηθεί επαρκώς σε παρεμβατικό επίπεδο, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με την αξιολόγηση της περιόδου αποπροσαρμογής (detraining).

Η διερεύνηση της ποιότητας ύπνου είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς ο ύπνος συνδέεται άμεσα με τη γλυκαιμική ρύθμιση, τη μεταβολική λειτουργία και τη συνολική καρδιομεταβολική υγεία. Επομένως, τα ευρήματα της μελέτης ενισχύουν τον ρόλο της άσκησης όχι μόνο ως μέσου βελτίωσης του γλυκαιμικού ελέγχου, αλλά και ως μη φαρμακευτικής παρέμβασης για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των ατόμων με ΣΔτ2. Παράλληλα, η καταγραφή πιθανών μεταβολών μετά τη διακοπή της άσκησης αναδεικνύει τη σημασία της συστηματικής και μακροχρόνιας υιοθέτησης της φυσικής δραστηριότητας.

Συνολικά, η μελέτη συμβάλλει στην πληρέστερη κατανόηση των πολυδιάστατων οφελών της άσκησης, παρέχοντας χρήσιμα δεδομένα για επαγγελματίες υγείας και ενισχύοντας τη διεπιστημονική προσέγγιση στη διαχείριση του ΣΔτ2. Παράλληλα, η ποιότητα του ύπνου στα ενήλικα άτομα με ΣΔτ2 φαίνεται να αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εξέλιξη της νόσου. Για την καταγραφή της ποιότητας του ύπνου απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός, ο οποίος θα πρέπει να παρέχεται στους συμμετέχοντες για τουλάχιστον τρεις διαδοχικές νύχτες, με διάρκεια ύπνου άνω των 5 ωρών ανά νύχτα. Η καταγραφή για τρία βράδια θεωρείται καθοριστικής σημασίας για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των δεδομένων, καθώς περιορίζει την επίδραση τυχόν μεμονωμένων αποκλίσεων και επιτρέπει την εξαγωγή πιο έγκυρων συμπερασμάτων.

Η ποιότητα του ύπνου στα ενήλικα άτομα με ΣΔτ2 φαίνεται πως αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εξέλιξη της νόσου. Για την καταγραφή της ποιότητας του ύπνου απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός, ο οποίος θα πρέπει να παρέχεται στους



συμμετέχοντες για τουλάχιστον τρεις διαδοχικές νύχτες, με διάρκεια ύπνου άνω των 5 ωρών ανά νύχτα. Η καταγραφή για τουλάχιστον τρία βράδια θεωρείται απαραίτητη για αξιόπιστα και έγκυρα συμπεράσματα και την αποφυγή αποκλίσεων.

Ερευνητικές υποθέσεις

Οι βασικές ερευνητικές υποθέσεις της παρούσας εργασίας που εξετάστηκαν είναι:

- το συνδυαστικό παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην ποιότητα ύπνου (συνολική διάρκεια ύπνου, συνέχεια ύπνου, κατανομή σταδίων ύπνου) σε άτομα με ΣΔτ2.
- το συνδυαστικό παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης επηρεάζει τη λειτουργία του ΚΝΣ των ατόμων με ΣΔτ2.
- το συνδυαστικό παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης επηρεάζει τον γλυκαιμικό έλεγχο των ατόμων με ΣΔτ2.
- η διακοπή του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης οδηγεί σε μερική ή ολική υποχώρηση των βελτιώσεων που παρατηρήθηκαν στην ποιότητα ύπνου των ατόμων με ΣΔτ2.
- η διακοπή του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης επηρεάζει τη λειτουργία του ΚΝΣ των ατόμων με ΣΔτ2.
- η διακοπή του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης επηρεάζει τον γλυκαιμικό έλεγχο των ατόμων με ΣΔτ2.

Μηδενικές Υποθέσεις

H0₁: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στις παραμέτρους της ποιότητας ύπνου (ποσοστό βαθύ ύπνου, ποσοστό ελαφρύ ύπνου, κύκλοι ύπνου, REM, συνέχεια του ύπνου, μεγάλες διακοπές ύπνου) στα άτομα με ΣΔτ2.

H0₂: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στη λειτουργία του ΚΝΣ (συχνότητα αναπνοών το λεπτό, μέσος όρος καρδιακής συχνότητας, διακύμανση της καρδιακής συχνότητας, χρονική διάρκεια από χτύπο σε χτύπο) στα άτομα με ΣΔτ2.



H0₃: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στον γλυκαιμικό έλεγχο στα άτομα με ΣΔτ2.

H0₄: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της διακοπής του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στις παραμέτρους της ποιότητας ύπνου (ποσοστό βαθύ ύπνου, ποσοστό ελαφρύ ύπνου, κύκλοι ύπνου, REM, συνέχεια του ύπνου, μεγάλες διακοπές ύπνου) στα άτομα με ΣΔτ2.

H0₅: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της διακοπής του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στη λειτουργία του ΚΝΣ (συχνότητα αναπνοών το λεπτό, μέσος όρος καρδιακής συχνότητας, διακύμανση της καρδιακής συχνότητας, χρονική διάρκεια από χτύπο σε χτύπο) στα άτομα με ΣΔτ2.

H0₆: Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της διακοπής του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στον γλυκαιμικό έλεγχο στα άτομα με ΣΔτ2.

Εναλλακτικές Υποθέσεις

H₁: Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στις παραμέτρους της ποιότητας ύπνου (ποσοστό βαθύ ύπνου, ποσοστό ελαφρύ ύπνου, κύκλοι ύπνου, REM, συνέχεια του ύπνου, μεγάλες διακοπές ύπνου) στα άτομα με ΣΔτ2.

H₂: Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στη λειτουργία του ΚΝΣ (συχνότητα αναπνοών το λεπτό, μέσος όρος καρδιακής συχνότητας, διακύμανση της καρδιακής συχνότητας, χρονική διάρκεια από χτύπο σε χτύπο) στα άτομα με ΣΔτ2.

H₃: Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στον γλυκαιμικό έλεγχο στα άτομα με ΣΔτ2.

H₄: Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της διακοπής του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στις παραμέτρους της ποιότητας ύπνου (ποσοστό βαθύ ύπνου, ποσοστό ελαφρύ ύπνου, κύκλοι ύπνου, REM, συνέχεια του ύπνου, μεγάλες διακοπές ύπνου) στα άτομα με ΣΔτ2.



H₅: Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της διακοπής του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στη λειτουργία του ΚΝΣ (συχνότητα αναπνοών το λεπτό, μέσος όρος καρδιακής συχνότητας, διακύμανση της καρδιακής συχνότητας, χρονική διάρκεια από χτύπο σε χτύπο) στα άτομα με ΣΔτ2.

H₆: Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της διακοπής του συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στον γλυκαιμικό έλεγχο στα άτομα με ΣΔτ2.

Περιορισμοί της μελέτης

Οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης ήταν:

- *Ως προς την εμφάνιση του ΣΔτ2.* Οι συμμετέχοντες έχουν διαγνωστεί με ΣΔτ2 για τουλάχιστον 2 χρόνια.
- *Ως προς το φύλο του δείγματος.* Στη μελέτη συμμετείχαν τόσο άνδρες όσο και γυναίκες.
- *Ως προς τη φαρμακευτική αγωγή.* Οι συμμετέχοντες δεν τροποποίησαν τη φαρμακευτική τους αγωγή καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.
- *Ως προς τη συμμετοχή τους σε άλλα προγράμματα άσκησης.* Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να μην συμμετάσχουν σε οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα άσκησης κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Λειτουργικοί ορισμοί

Αντίσταση στην ινσουλίνη: είναι μια μεταβολική διαταραχή όπου τα κύτταρα (μύες, λίπος, ήπαρ) δεν ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στην ορμόνη ινσουλίνη, δυσκολεύοντας την είσοδο της γλυκόζης (Wilcox, 2005).

Αρτηριακή υπέρταση: ονομάζεται η υψηλή αρτηριακή πίεση, η οποία είναι η πίεση που ασκεί το αίμα στο τοίχωμα των αρτηριών καθώς ρέει μέσα σε αυτές. Εξαρτάται από τη ροή του αίματος, δηλαδή πόσο αίμα στέλνει η καρδιά σε κάθε συστολή, αλλά και από την αντίσταση που προβάλλουν τα αγγεία στη ροή αυτή. Η αρτηριακή υπέρταση καθορίζεται όταν η Συστολική Αρτηριακή Πίεση (ΣΑΠ) είναι >140mmHg και η Διαστολική Αρτηριακή Πίεση (ΔΑΠ) >90 mmHg (Chobanian et al., 2003).



Γλυκαιμικός έλεγχος: αναφέρεται στη διατήρηση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα (γλυκόζη) εντός των φυσιολογικών ορίων, κυρίως μέσω της διατροφής, της άσκησης και της φαρμακευτικής αγωγής.

Γλυκόζη: πρωταρχικό μεταβολικό καύσιμο, που χρησιμεύει ως κύριος πρόδρομος για τη σύνθεση διαφόρων υδατανθράκων και ως μέσο μεταβολισμού (Nakrani, Wineland, & Anjum, 2020).

Γλυκοζυλιωμένη Αιμοσφαιρίνη (HbA1c): Παραλλαγή αιμοσφαιρίνης που αποτελείται κυρίως από γλυκοαιμοσφαιρίνη, η οποία σχηματίζεται από τη μη ενζυματική σύνδεση της γλυκόζης στην αιμοσφαιρίνη (Magliano, Zimmet, & Shaw, 2015).

Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ): Αποτελεί ανθρωπομετρικό δείκτη βάρους και ύψους και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του επιπέδου παχυσαρκίας. Υπολογίζεται από το πηλίκο του σωματικού βάρους εκφρασμένου σε κιλά δια του τετραγώνου του σωματικού ύψους εκφρασμένου σε μέτρα $\Delta\text{Μ}\Sigma = \text{Σωματικό βάρος (kg)} / \text{ύψος}^2 \text{ (m)}$.

Διαστολική αρτηριακή πίεση: Η χαμηλότερη τιμή της πίεσης στα τοιχώματα των αρτηριών κατά τη διάρκεια της διαστολικής φάσης της καρδιακής λειτουργίας (Chobanian et al., 2003).

Ινσουλίνη: Πεπτιδική ορμόνη που εκκρίνεται από τα β-κύτταρα των παγκρεατικών νησίδων Langerhans και διατηρεί φυσιολογικά τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (Wilcox, 2005).

Κύκλος ύπνου: Η φυσική εναλλαγή 4-6 επαναλαμβανόμενων σταδίων (NREM και REM) που διαρκεί περίπου 90-110 λεπτά. Αποτελείται από βαθύ ύπνο και ελαφρύ ύπνο (NREM) και το στάδιο με γρήγορες κινήσεις των ματιών, έντονα όνειρα και υψηλή εγκεφαλική δραστηριότητα (REM). Κάθε κύκλος είναι διαφορετικός, με τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια του βαθύ ύπνου να πραγματοποιείται στο πρώτο μισό της νύχτας και τον περισσότερο ύπνο REM να συμβαίνει στο δεύτερο μισό.

Σακχαρώδης Διαβήτης: είναι μια χρόνια πολυπαραγοντική νόσος που έχει ως χαρακτηριστικό την υπεργλυκαιμία και τη δυσανεξία στη γλυκόζη, είτε λόγω ανεπάρκειας ινσουλίνης είτε λόγω μειωμένης αποτελεσματικότητας της δράσης της ινσουλίνης, είτε σε συνδυασμό αυτών (Magliano et al., 2015).



II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Ο όρος σακχαρώδης διαβήτης προέρχεται από την ελληνική λέξη διαβήτης που σημαίνει «να περνάω μέσα από». Φαίνεται ότι η λέξη «διαβήτης» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Απολλώνιο της Μέμφιδας, περίπου 250-300 π.Χ. Οι αρχαίοι Έλληνες, Ινδοί και Αιγύπτιοι παρατήρησαν τη γλυκιά φύση των ούρων, γεγονός που οδήγησε στην επικράτηση του όρου σακχαρώδης διαβήτης. Το 1889 οι Mering και Minkowski ανακάλυψαν τη σημασία του παγκρέατος στην παθογένεση του ΣΔ, ενώ το 1922 το Πανεπιστήμιο του Τορόντο καθόρισε την ινσουλίνη ως αποτελεσματική θεραπεία για τον σακχαρώδη διαβήτη. Παρόλο που με την πάροδο του χρόνου έχει βελτιωθεί η στρατηγική διαχείρισης του ΣΔ, η εμφάνιση της νόσου παραμένει σε υψηλά επίπεδα.

Οι κύριοι τύποι του ΣΔ είναι ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 1 (ινσουλινοεξαρτώμενος), ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 (μη ινσουλινοεξαρτώμενος) και ο διαβήτης κυήσεως (εμφανίζεται κατά την εγκυμοσύνη). Επιπλέον, περιγράφεται ο διαβήτης που οφείλεται σε γενετικές μεταλλάξεις στα κύτταρα του παγκρέατος (Maturity Onset Diabetes of the Young, MODY) και η αργή μορφή αυτοάνοσου σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 (Latest Autoimmune Diabetes in Adults, LADA) και ο δευτεροπαθής διαβήτης όπου προκαλείται από άλλες παθήσεις. Σύμφωνα με τη Διεθνή Ομοσπονδία Διαβήτη (International Diabetes Federation, IDF) ο ΣΔτ2 χαρακτηρίζει πάνω από το 90% των περιπτώσεων παγκοσμίως (IDF, 2025).

Χαρακτηριστικά του Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2

Ο ΣΔτ2, ως χρόνια μεταβολική νόσος, παρατηρείται κυρίως σε μεσήλικες οι οποίοι συχνά παρουσιάζουν παρατεταμένη υπεργλυκαιμία. Αυτή η κατάσταση συνήθως οφείλεται σε έναν συνδυασμό παραγόντων, όπως η καθιστική ζωή, η κακή διατροφή και άλλες ανθυγιεινές συνήθειες, οι οποίες επιδεινώνουν την ινσουλινοαντίσταση και την ομοιοστασία στα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Η παθογένεση του ΣΔτ2 είναι πολυπαραγοντική και πολύπλοκη, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή



διαφορετικών θεραπευτικών στρατηγικών για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της νόσου (Sapra & Bhandari, 2023).

Η διάγνωση και ο έλεγχος του ΣΔτ2 απαιτούν στοχευμένες εξετάσεις. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνονται ο προσδιορισμός των επιπέδων γλυκόζης αίματος ($>126\text{mg/dL}$) και της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA1c $\geq 6,5$). Η HbA1c αξιοποιεί την μέση γλυκοζυλίωση της αιμοσφαιρίνης A, οι οποία βρίσκεται στην επιφάνεια των ερυθρών αιμοσφαιρίων, για να εκτιμηθεί ο γλυκαιμικός έλεγχος των τελευταίων τριών μηνών (Carrithers, Klein, Ovalle & Kante, 2024). Η βασική μέθοδος για τη διάγνωση του ΣΔτ2 είναι η καμπύλη γλυκόζης (Oral Glucose Tolerance Test, OGTT). Η διαδικασία περιλαμβάνει την κατανάλωση 75g δεξτρόζης διαλυμένης σε 150mL νερού, με καταγραφή των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα στα 0', 30', 60', 90' και 120' μετά την πρόσληψη του διαλύματος. Αυτή η εξέταση επιτρέπει την αξιολόγηση της ικανότητας του οργανισμού να διαχειρίζεται τη γλυκόζη και αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για τη διάγνωση του ΣΔτ2.

Η συχνότητα εμφάνισης του ΣΔτ2 προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά τις επόμενες δεκαετίες (IDF, 2025). Προηγούμενες μελέτες επισημαίνουν τη σημασία της αλλαγής των συμπεριφορικών προτύπων για τη ρύθμιση του μεταβολισμού του αίματος (Shan et al., 2015; Ren et al., 2024). Ο ύπνος, που αποτελεί μια θεμελιώδη βιολογική συμπεριφορά, διέπεται από την αλληλεπίδραση των κερκαδικών ρυθμών, των ομοιοστατικών μηχανισμών και των νευρο-ορμονικών διεργασιών (Bowden et al., 2011). Η διάρκεια και η ποιότητα του ύπνου συνδέονται στενά με τη μεταβολική υγεία ενός ατόμου (Reutrakul & Van Cauter, 2018).

Η επίδραση του Σακχαρώδη Διαβήτη στην ποιότητα του ύπνου

Ο ύπνος αποτελείται από 4-6 επαναλαμβανόμενους κύκλους κάθε νύχτα διάρκειας 90-120 λεπτών ο καθένας. Ο κάθε κύκλος χωρίζεται σε δύο κύριες φάσεις: τον ύπνο -NREM (χωρίς ταχείες κινήσεις ματιών – 4 στάδια, ελαφρύς έως βαθύς ύπνος) και τον ύπνο REM (κινήσεις των ματιών – όνειρα, ενεργός εγκέφαλος). Η μικρή διάρκεια ύπνου έχει συνδεθεί με διάφορες μεταβολικές διαφοροποιήσεις που μπορεί να συντελέσουν την εμφάνιση του ΣΔτ2 (Cespedes, Bhupathiraju, Li, Rosner, Redline & Hu, 2016). Επιπλέον, η πλειονότητα των ερευνών επικεντρώνεται στη διάρκεια του ύπνου σχετικά με τον ΣΔτ2, δημιουργώντας



με αυτόν τον τρόπο έλλειμα στην αξιολόγηση της σχέσης των χαρακτηριστικών του ύπνου και του ΣΔτ2 (Kim, Chang, Sung & Ryu, 2017; Luján-Barroso et al., 2024).

Μελέτες υποστηρίζουν ότι η ποιότητα του ύπνου σχετίζεται άμεσα με τον γλυκαιμικό έλεγχο των ατόμων με ΣΔτ2 (Jackson et al., 2013). Επίσης, τα άτομα με διαβήτη είναι πιο πιθανό να εμφανίσουν τόσο ανεπαρκή όσο και υπερβολική διάρκειας ύπνου σε σύγκριση με τους μη διαβητικούς, γεγονός που σχετίζεται με φτωχότερο μεταβολικό έλεγχο (Krueger & Friedman, 2009). Επιπλέον, η σχέση μεταξύ διάρκειας ύπνου και κινδύνου εμφάνισης ΣΔτ2 έχει περιγραφεί ως σχήμα U, υποδηλώνοντας ότι τόσο ο βραχύς όσο και ο παρατεταμένος ύπνος συνδέονται με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης της νόσου (Jackson et al., 2013). Ωστόσο, ορισμένες μελέτες δεν έχουν καταφέρει να αποδώσουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ διάρκειας ύπνου και ΣΔτ2 (Reutrakul & Van Cauter, 2018; Beihl, Liese & Haffner, 2009; von Ruesten et al., 2012).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ ΣΔτ2 και διαταραχών του ύπνου (Antza, Kostopoulos, Mostafa, Nirantharakumar & Tahrani, 2022; Sakamoto et al., 2018). Ο ΣΔτ2 φαίνεται να προηγείται των διαταραχών ύπνου, με αποτέλεσμα να θεωρείται συχνά αιτία της εμφάνισης τους (Borzouei, Ahmadi & Pirdehghan, 2024). Παράλληλα, η συχνότητα εμφάνισης διαταραχών και στέρησης ύπνου έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια (Swanson, Arnedt, Rosekind, Belenky, Balkin & Drake, 2011). Επιπλέον, παρατηρείται αμφίδρομη σχέση μεταξύ διαταραχών ύπνου, ενώ η διαταραχή του ύπνου, τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα, μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλό γλυκαιμικό έλεγχο και αυξημένο ποσοστό επιπλοκών (Borzouei, Ahmadi & Pirdehghan, 2024).

Η επίδραση της άσκησης στην ποιότητα του ύπνου και στην υγεία ατόμων με ΣΔτ2

Η ποιότητα ύπνου και η άσκηση αποτελούν βιολογικές αναγκαιότητες, καθώς η ποιότητα του ύπνου συνδέεται με την ευεξία και τον υγιεινό τρόπο ζωής, ενώ η άσκηση σχετίζεται με την πρόληψη χρόνιων παθήσεων, όπως ο ΣΔ και οι καρδιαγγειακές παθήσεις (Chrysant & Chrysant, 2023; Ramar et al., 2021). Όσον αφορά τις επιδράσεις της άσκησης στην ποιότητα του ύπνου, πρόκειται για ένα πολύπλοκο φαινόμενο που επενεργεί σε διάφορες παραμέτρους, όπως η κόπωση του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ), η



θερμοκρασία του σώματος, η καρδιακή συχνότητα και η μεταβλητότητά της (Heart Rate Variability - HRV), καθώς και σε ορμονικούς παράγοντες, στα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα και στον ινσουλινοειδή αυξητικό παράγοντα-1 (Insulin-like Growth Factor -1, IGF-1).

Αναφορικά με το κεντρικό νευρικό σύστημα, ο ύπνος διακρίνεται σε φάσεις: τον ύπνο ταχείας κίνησης των ματιών (REM) και τον ύπνο μη ταχείας κίνησης των ματιών (NREM) ή ύπνο αργού κύματος (Slow Wave Sleep, SWS), ο οποίος περιλαμβάνει τέσσερα στάδια (N1-N4). Τόσο η οξεία όσο και η χρόνια άσκηση επηρεάζουν και τις δύο φάσεις του ύπνου, οδηγώντας σε μείωση του ύπνου REM και παράταση του ύπνου NREM (Uchida et al., 2012). Η χρόνια εφαρμογή της άσκησης συμβάλλει στην ισορροπία στο αυτόνομο ΚΝΣ, μειώνοντας τη δραστηριότητα του συμπαθητικού συστήματος και αυξάνοντας τη δραστηριότητα του παρασυμπαθητικού, γεγονός που βελτιώνει τον ύπνο NREM (Michael, Graham & Davis, 2017). Όσον αφορά τη θερμοκρασία του σώματος και τις αλλαγές που επιφέρει η άσκηση, οι επιπτώσεις στον ύπνο δεν είναι σαφείς, με τα αποτελέσματα των μελετών να παραμένουν διφορούμενα (Chrysant, 2025). Επιπρόσθετα, η εφαρμογή πρωτοκόλλου άσκησης σχετίζεται με αύξηση της ΚΣ και της HRV, με τελικό αποτέλεσμα την πνευμονογαστρική δραστηριότητα και την επικράτηση του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος. Αυτό εκδηλώνεται με αύξηση της HRV και μείωση της ΚΣ, οδηγώντας στην αύξηση του NREM ύπνου (Catal et al., 2002).

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του ύπνου παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη δραστηριότητα του παρασυμπαθητικού συστήματος μεταξύ ατόμων νεαρής ηλικίας και ατόμων μέσης ηλικίας (Catal et al., 2002). Όσον αφορά στην επίδραση της άσκησης στις ορμόνες, έχει παρατηρηθεί ότι η μέτρια έως υψηλής έντασης άσκηση αυξάνει τα επίπεδα έκκρισης της αυξητικής ορμόνης (Growth Hormone, GH) κατά τη διάρκεια του ύπνου σε σύγκριση με την απουσία άσκησης, συμβάλλοντας παράλληλα σε αύξηση του ύπνου SWS (Kanaley et al., 1997). Σχετικά με την κορτιζόλη, φαίνεται ότι τα επίπεδά της είναι υψηλότερα το πρωί και μειώνονται το βράδυ, διαμορφώνοντας τον φυσιολογικό κirkάδιο ρυθμό.

Σε αρκετές μελέτες έχουν αποτυπωθεί οι ευεργετικές επιδράσεις της άσκησης στην ποιότητα του ύπνου (Chrysant, 2025). Η μελέτη των Park και Suh (2020) διερεύνησε την επίδραση της ποσότητας άσκησης και της εργασίας με βάρδιες στην ποιότητα του ύπνου σε εργαζόμενους μέσης ηλικίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αυξημένη ποσότητα



άσκησης βελτίωσε σημαντικά την ποιότητα ύπνου σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Επιπλέον, η έρευνα των Huang και συν. (2022) εξέτασε την επίδραση διαφορετικών επιπέδων σωματική δραστηριότητα στον ύπνο και στον κίνδυνο θνησιμότητας από κάθε αιτία, καθώς και από καρδιαγγειακά νοσήματα και καρκίνο. Η μελέτη τόνισε ότι η σωματική δραστηριότητα βελτιώνει την ποιότητα του ύπνου και ότι ο συνδυασμός αυξημένης δραστηριότητας με βελτιωμένο ύπνο συμβάλλει στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων και στη μείωση της θνησιμότητας από κάθε αιτία.

Σε συστηματική ανασκόπηση και μετανάλυση σχετικά με τις επιδράσεις διαφορετικών επιπέδων σωματικής δραστηριότητας στην ποιότητα του ύπνου, διαπιστώθηκε ότι η άσκηση συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του ύπνου. Συγκρίνοντας τη μέτριας ένταση με την υψηλής έντασης άσκηση, παρατηρήθηκε ότι η μέτριας έντασης άσκηση βελτίωσε σημαντικά την ποιότητα του ύπνου, ενώ η υψηλής έντασης άσκηση δεν εμφάνισε εμφανή επίδραση (Zhao, Lu & Yi, 2023).

Είναι γνωστό επίσης ότι η άσκηση επιφέρει μεταβολικά οφέλη. Ένας από τους θεραπευτικούς στόχους της εφαρμογής της άσκησης είναι η βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου και της εμφάνισης και εξέλιξης συννοσηροτήτων στα άτομα με ΣΔτ2 (Committee, A.D.A.P.P. 1., 2022; Davies et al., 2022; Kanaley et al., 2022; Savinij et al., 2019). Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα των μελετών δεν παρέχουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με το ποιο πρόγραμμα άσκησης είναι το πλέον αποτελεσματικό για τη μεταβολική απόκριση σε άτομα με ΣΔτ2 (Solomon, 2018). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια φαίνεται ότι η άσκηση υψηλής έντασης μπορεί να μειώσει σημαντικά το φαινόμενο της «μη απόκρισης» που παρατηρείται μετά την άσκηση (Montero & Lundby, 2017). Παρά ταύτα, τα αποτελέσματα των ερευνών παραμένουν διφορούμενα, με μελέτες να παρουσιάζουν διαφορετικές εκβάσεις (Liu et al., 2019; Magalhaes et al., 2019).

Εφαρμογή προγραμμάτων αερόβιας άσκησης σε άτομα με ΣΔτ2

Η εφαρμογή της άσκησης θεωρείται σημαντικό μέρος της πρόληψης, διαχείρισης και θεραπείας των ατόμων με ΣΔτ2 (Kanaley et al., 2022; Zhao, He, Zeng & Cheng, 2021). Η αερόβια άσκηση εφαρμόζεται από μέτρια (moderate intensity continuous training, MICT) έως υψηλή (high intensity interval training, HIIT) ένταση και βελτιώνει την



καρδιομεταβολική υγεία και την οστική πυκνότητα (Ji et al., 2018). Μελέτες αναφέρουν ότι η αντίσταση στην ινσουλίνη, ο γλυκαιμικός έλεγχος και η ενδοθηλιακή λειτουργία ατόμων με ΣΔτ2, σημείωσαν σημαντική βελτίωση έπειτα από την εφαρμογή HIIT συγκριτικά με την MICT (Jelleyman et al., 2015). Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα των μελετών είναι διφορούμενα ως προς την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της έντονης διαλειμματικής άσκησης τόσο στην ευαισθησία ινσουλίνης όσο και στον γλυκαιμικό έλεγχο των ατόμων με ΣΔτ2, καθώς δεν έχουν όλοι την ίδια απόκριση στο ερέθισμα της άσκησης (Liu et al., 2019). Ωστόσο, η δυνατότητα εφαρμογής έντονης διαλειμματικής αερόβιας άσκησης με διαφορετικά πρωτόκολλα, ως προς τη χρονική εκτέλεση, παρέχει την ευέλικτη προσέγγιση της άσκησης (Souza, Coswing, de Liba & Gentil, 2020). Από την άλλη, η μέτριας έντασης αερόβια άσκηση απαριθμεί ευεργετικές επιδράσεις στον γλυκαιμικό έλεγχο (Winding, Munch, Iepsen, Van Hall, Pedersen & Mortensen, 2018; Cassidy et al., 2019), συμπεριλαμβανομένου και την μείωση της HbA1c (Helal, Umpierre & Moraes, 2017; Kawada, 2017).

Εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης αντιστάσεων σε άτομα με ΣΔτ2

Η προπόνηση αντιστάσεων προωθεί την ανάπτυξη και τον μετασχηματισμό των μυϊκών ινών σε γλυκολυτικό φαινότυπο, με αυξημένο ποσοστό ταχείας συστολής και περιεκτικότητας σε γαλακτική αφυδρογονάση (Ergan & Zierath, 2013). Θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι οι διακυμάνσεις των προσαρμογών που επέρχονται οφείλονται σε γενετικές διαφορές (Bouchard et al., 1999). Ωστόσο, ακόμη και οι μέτριες προσαρμογές που παρατηρούνται στη δύναμη έχουν κλινική σημασία καθώς τα χαμηλά επίπεδα φυσικής κατάστασης αποτελούν προγνωστικό παράγοντα θνησιμότητας (Wei, Gibbons, Kampert, Nichaman & Blair, 2000). Ενώ η επιλογή ενός προπονητικού προγράμματος για τη διαχείριση του ΣΔτ2, φαίνεται να επιφέρει βελτιωμένα επίπεδα γλυκαιμικού ελέγχου. Η άσκηση με αντιστάσεις ενδείκνυται ως συμπληρωματική δραστηριότητα στη διαχείριση χρόνιων παθήσεων, όπως καρδιαγγειακές και μεταβολικές παθήσεις, λόγω των ευνοϊκών προσαρμογών στην καρδιαγγειακή λειτουργία (D'Assunção, Daltro, Simão, Polito, & Monteiro, 2007). Επίσης, αυξάνει τη μυϊκή μάζα και την αποθήκευση του γλυκογόνου (Knuijman, Horman & Mensink, 2015).



Η προπόνηση με αντιστάσεις επιδρά θετικά στα άτομα με ΣΔτ2, βελτιώνοντας τον γλυκαιμικό έλεγχο, την καρδιαγγειακή λειτουργία, τη χρόνια φλεγμονή και την ψυχική υγεία (Güngör, Torcu, Aldhahi, Al-Mhanna & Gülü, 2024; Kanaley et al., 2022). Επομένως, η άσκηση με αντιστάσεις πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα άσκησης που θα πραγματοποιούν τα άτομα με ΣΔτ2. Ωστόσο, τα αποτελέσματα μιας μετανάλυσης δείχνουν ότι η εφαρμογή ενός συνδυαστικού προγράμματος άσκησης βελτιώνει τους καρδιομεταβολικούς δείκτες στα άτομα με ΣΔτ2. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται βελτιώσεις στον γλυκαιμικό έλεγχο, στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, στη μείωση της χρόνιας φλεγμονής και στην ποιότητα ζωής των συμμετεχόντων (Al-Mhanna et al., 2024).

Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Από την ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας προκύπτει ότι ο σακχαρώδης διαβήτης αποτελεί μια χρόνια και πολυπαραγοντική μεταβολική νόσο με μακρά ιστορική πορεία, η οποία, παρά τη σημαντική πρόοδο στη διάγνωση και θεραπευτική αντιμετώπιση, εξακολουθεί να εμφανίζει υψηλό και αυξανόμενο επιπολασμό, ιδιαίτερα ο ΣΔτ2 που αντιπροσωπεύει πάνω από το 90% των περιστατικών παγκοσμίως (IDF, 2025). Η παθογένειά του είναι σύνθετη και σχετίζεται στενά με τροποποιήσιμους παράγοντες τρόπου ζωής, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την πολυπαραγοντική θεραπευτική προσέγγιση (Sapra & Bhandari, 2023). Η διάγνωση βασίζεται σε καθιερωμένους βιοχημικούς δείκτες, όπως η γλυκόζη νηστείας, η HbA1c και η καμπύλη ανοχής γλυκόζης (OGTT) (Carrithers et al., 2024).

Επίσης, ο ύπνος αναδεικνύεται ως κρίσιμος ρυθμιστής της μεταβολικής υγείας, καθώς διέπεται από κιρκάδιους, ομοιοστατικούς και νευροορμονικούς μηχανισμούς (Bowden et al., 2011). Η μικρή διάρκεια ύπνου έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης ΣΔτ2 (Cespedes et al., 2016), ενώ η σχέση διάρκειας ύπνου και κινδύνου διαβήτη φαίνεται να ακολουθεί καμπύλη σχήματος U (Jackson et al., 2013; Krueger & Friedman, 2009). Παράλληλα, η ποιότητα του ύπνου συνδέεται άμεσα με τον γλυκαιμικό έλεγχο (Jackson et al., 2013), αν και ορισμένες μελέτες δεν καταδεικνύουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση (Beihl et al., 2009; von Ruesten et al., 2012; Reutrakul & Van Cauter, 2018). Επιπλέον, τεκμηριώνεται αμφίδρομη σχέση μεταξύ ΣΔτ2 και διαταραχών ύπνου, καθώς ο διαβήτης μπορεί να συμβάλλει στην εμφάνιση διαταραχών ύπνου, ενώ οι διαταραχές ύπνου



δύνανται να επιδεινώσουν τον γλυκαιμικό έλεγχο και να αυξήσουν τον κίνδυνο επιπλοκών (Antza et al., 2022; Sakamoto et al., 2018; Borzouei et al., 2024).

Η άσκηση αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα πρόληψης και διαχείρισης του ΣΔτ2 (Committee, A.D.A.P.P., 2022; Davies et al., 2022; Kanaley et al., 2022). Μέσω νευροφυσιολογικών και ορμονικών μηχανισμών επηρεάζει θετικά τόσο την ποιότητα ύπνου όσο και τη μεταβολική λειτουργία. Η χρόνια άσκηση συμβάλλει στην ενίσχυση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας και στη βελτίωση της μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (HRV), προάγοντας τον ύπνο NREM/SWS (Catal et al., 2002; Michael et al., 2017). Παράλληλα, η μέτρια έως υψηλής έντασης άσκηση αυξάνει την έκκριση αυξητικής ορμόνης και σχετίζεται με αύξηση του ύπνου βραδένων κυμάτων (Kanaley et al., 1997). Συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις καταδεικνύουν ότι η άσκηση, ιδιαίτερα μέτριας έντασης, βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ύπνου (Zhao, Lu & Yi, 2023), ενώ η αυξημένη φυσική δραστηριότητα συνδυάζεται με μειωμένη καρδιαγγειακή και συνολική θνησιμότητα, ιδίως όταν συνοδεύεται από επαρκή ύπνο (Huang et al., 2022).

Τόσο η αερόβια άσκηση (MICT, HIIT) όσο και η άσκηση με αντιστάσεις επιφέρουν σημαντικά καρδιομεταβολικά οφέλη στα άτομα με ΣΔτ2. Η HIIT φαίνεται σε ορισμένες μελέτες να υπερτερεί ως προς τη βελτίωση της ινσουλινοευαισθησίας και του γλυκαιμικού ελέγχου (Jelleyman et al., 2015), αν και τα ευρήματα δεν είναι ομοιογενή (Liu et al., 2019). Από την άλλη, η μέτριας έντασης αερόβια άσκηση έχει τεκμηριωμένη συμβολή στη μείωση της HbA1c (Helal et al., 2017; Cassidy et al., 2019). Η προπόνηση με αντιστάσεις βελτιώνει τη μυϊκή μάζα, τον γλυκαιμικό έλεγχο και την καρδιαγγειακή λειτουργία (Ergan & Zierath, 2013; Güngör et al., 2024), ενώ ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και αντιστάσεων φαίνεται να επιφέρει τα πιο ολοκληρωμένα καρδιομεταβολικά οφέλη (Al-Mhanna et al., 2024).

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι ο ΣΔτ2 είναι στενά συνδεδεμένος με τροποποιήσιμους παράγοντες του τρόπου ζωής. Ο ύπνος και η άσκηση αποτελούν κρίσιμους ρυθμιστές της μεταβολικής υγείας καθώς αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Παρά τις επιμέρους αντιφάσεις, τα διαθέσιμα δεδομένα συγκλίνουν στο ότι η συστηματική, κατάλληλα δομημένη άσκηση μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά τόσο στη βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου όσο και στην αναβάθμιση της ποιότητας ύπνου σε άτομα με ΣΔτ2, αναδεικνύοντας την ανάγκη περαιτέρω στοχευμένων παρεμβατικών μελετών.



III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν συνολικά δώδεκα ενήλικες ηλικίας (n=12, άντρες n=10 και γυναίκες n=2) με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 (ΣΔτ2), οι οποίοι συμμετείχαν εθελοντικά στη μελέτη. Όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν ΣΔτ2 τουλάχιστον δύο χρόνια πριν την έναρξη της μελέτης. Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων κατά την έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος άσκησης.

Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων (n=12)			
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά			
	X ± SD	Min	Max
Ηλικία (yrs)	61.07±8.93	74.78	43.55
Σωματική μάζα (kg)	96.12±18.43	66.2	129.1
Ύψος από όρθια θέση (cm)	172.1 ±7.49	157	183
Δείκτης μάζας σώματος (kg/m ²)	32.16±4.80	23.80	40.14
Ποσοστό σωματικού λίπους(%)	31.3±6.13	18	41.2
Μυϊκή μάζα (kg)	65.3±5.79	55.9	77.9
Συνοδά νοσήματα			
Καρδιαγγειακά νοσήματα	n = 8		
Δυσλιπιδαιμία	n= 6		
Μυοσκελετικά προβλήματα	n = 3		



Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων

Για τη συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, σύστασης σώματος και ανοχής στη γλυκόζη μέσα από τη διαδικασία της καμπύλης γλυκόζης. Παράλληλα έγινε καταγραφή της ποιότητας του ύπνου των συμμετεχόντων σε τρεις χρονικές στιγμές (έναρξη, λήξη, διακοπή της άσκησης).

Πιο αναλυτικά, κατά την πρώτη συνάντηση, οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν τις ανθρωπομετρικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό της σύστασης σώματος (ύψος από όρθια θέση, βάρος σώματος, λιπώδης και μυϊκή μάζα, συνολικά σωματικά υγρά, σπλαχνικό λίπος, βασικός μεταβολικός ρυθμός, δείκτης BMI). Η συλλογή των δεδομένων για την καμπύλη γλυκόζης πραγματοποιήθηκε συνολικά τέσσερις φορές για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης (έναρξη, 4 εβδομάδες, 8 εβδομάδες, 12 εβδομάδες).

Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων της ποιότητας ύπνου πραγματοποιήθηκε σε τρεις χρονικές στιγμές [έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος άσκησης, λήξη του παρεμβατικού προγράμματος άσκησης (8 εβδομάδες) και έπειτα από τέσσερις εβδομάδες από την λήξη του παρεμβατικού προγράμματος άσκησης (12 εβδομάδες)]. Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων αφορούσε στη χρήση του παλμογράφου χειρός Polar Unite (Finland) για τρία βράδια κατά τη διάρκεια του ύπνου των συμμετεχόντων.

Για την εξασφάλιση σταθερών συνθηκών εξέτασης των δοκιμαζόμενων, η διεξαγωγή των παραπάνω μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο «Κλινικής Εργοφυσιολογίας & Φυσιολογίας της Άσκησης» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης σε ένα ήρεμο περιβάλλον, όπου πραγματοποιήθηκε και το πρόγραμμα άσκησης.

Παρεμβατικό πρόγραμμα συνδυαστικού προγράμματος άσκησης

Το παρεμβατικό πρόγραμμα περιλάμβανε ένα συνδυαστικό πρόγραμμα αερόβιας άσκησης στο εργοποδήλατο (Monark, Sweden) και άσκησης με αντιστάσεις (Εικόνα 1). Το πρωτόκολλο της αερόβιας άσκησης ήταν αυξανόμενης επιβάρυνσης και η έντασή της προσδιορίστηκε μέσα από τη δοκιμασία της καμπύλης γαλακτικού, η οποία τροποποιούνταν κάθε εβδομάδα. Αντίστοιχα, το πρωτόκολλο που αφορούσε στην άσκηση



με αντιστάσεις περιλάμβανε ασκήσεις μυϊκών ομάδων, άνω-κάτω άκρων, 3σετ x 12επαναλήψεις x 90sec και 3σετ x 15επαναλήψεις x 90sec κοιλιακών / ραχιαίων. Η επιβάρυνση διαφοροποιούνταν κάθε 4 εβδομάδες.



Εικόνα 1. Εφαρμογή προγράμματος άσκησης σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 στο Εργαστήριο «Κλινικής Εργοφυσιολογίας & Φυσιολογίας της Άσκησης» του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ.



Περιγραφή μετρήσεων

Ύψος από όρθια θέση: Κατά την καταγραφή του ύψους, οι δοκιμαζόμενοι στέκονταν όρθιοι, δίχως παπούτσια, με το κεφάλι να κοιτάζει ευθεία μπροστά. Επιπλέον, οι φτέρνες τους ήταν ενωμένες, τα γόνατα ευθεία και οι ώμοι χαλαροί. Η μέτρηση του ύψους πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του αναστημόμετρου (Seca 213) με διαβάθμιση 205 cm. Ένας οριζόντιος χάρακας προσαρμοσμένος στον κάθετο άξονα του αναστημόμετρου, τοποθετούνταν στο υψηλότερο σημείο του κεφαλιού του κάθε συμμετέχοντα. Η καταγραφή του σωματικού ύψους έγινε με ακρίβεια 0,1 cm.

Μέτρηση ανάλυσης σύστασης σώματος: Η μέθοδος ανάλυσης σύστασης σώματος με τη βιοηλεκτρική εμπέδηση (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA) αποτελεί μία απλή και μη επεμβατική μέτρηση (Sun et al., 2005) και κάθε ιστός εμφανίζει διαφορετική αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος δημιουργώντας μια εκτίμηση της σύστασης του σώματος προσδιορισμένη από προγνωστικές εξισώσεις.

Ο αναλυτής (TANITA MC780) που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί μετρήσεις με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA) σε κάθε τμήμα του σώματος με χρήση τριών διαφορετικών συχνοτήτων (5kHz, 50kHz, 250kHz) μέσω τετραπολικών ηλεκτροδίων αφής οκτώ σημείων. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε το ρεύμα να κυλάει στα άνω ή κάτω άκρα ανάλογα με τα μέρη του σώματος που διεξάγεται η μέτρηση. Συγκεκριμένα, στο μοντέλο που εφαρμόστηκε υπήρχαν τέσσερα σημεία επαφής στην πλατφόρμα που στεκόταν ακίνητες και άλλα τέσσερα στις λαβές που κρατούσαν με τα άνω άκρα τους (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Αξιολόγηση σύστασης σώματος.



Με την προσέλευση του κάθε συμμετέχοντα, καταγραφόταν το φύλο, η ηλικία και το ύψος ώστε να υπάρχουν επαρκή δεδομένα για τη διεξαγωγή των μετρήσεων καθώς και ο τύπος της φυσικής δραστηριότητας. Οι μεταβλητές που αξιολογήθηκαν για τη σύσταση σώματος των συμμετεχόντων ήταν: η σωματική μάζα (kg), η συνολική λιπώδης μάζα (kg, %), η συνολική μυϊκή μάζα (kg, %), το συνολικό νερό σώματος (kg, %), το σπλαχνικό λίπος, ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR) (kcal) και ο δείκτης μάζας σώματος (BMI)

Καμπύλη γλυκόζης: Η πρώτη μέτρηση της γλυκόζης αίματος πραγματοποιούνταν με την προσέλευση των συμμετεχόντων σε συνθήκη ηρεμίας. Στη συνέχεια ακολουθούσε η κατανάλωση των 75g δεξτρόζης σε 150ml νερού. Μετά την κατανάλωση του ροφήματος στο 30°, 60°, 90° και 120° λεπτό πραγματοποιούνταν καταγραφή της γλυκόζης αίματος ακολουθώντας τις σχετικές οδηγίες αξιολόγησης. Με ένα καθαρό βαμβάκι στεγνώνονταν η περιοχή και ενεργοποιούνταν το γλυκόμετρο (ControlBios®) με την εισαγωγή μιας χημικά επεξεργασμένης δοκιμαστικής ταινίας μίας χρήσης. Χρησιμοποιώντας την οπλισμένη συσκευή τρυπήματος με τις αποστειρωμένες ακίδες δημιουργούταν μια τρύπα στην άκρη του δαχτύλου, από την οποία η αρχική σταγόνα σκουπίζονταν με ένα καινούργιο στεγνό βαμβάκι. Το δάκτυλο πιέζονταν για να χρησιμοποιηθεί η δεύτερη σταγόνα αίματος όταν η οθόνη του γλυκόμετρου υπεδείκνυε ότι είναι έτοιμη για την τοποθέτηση της σταγόνας πάνω στην άκρη της ταινίας (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Μέτρηση γλυκόζης αίματος με τη χρήση του μετρητή ControlBios.



Ποιότητα ύπνου

Η ποιότητα ύπνου καταγράφηκε με τη χρήση παλμογράφου χειρός (Polar, Unite, Finland) που καταγράφει την ποιότητα του ύπνου (quality of sleep, autonomic nervous system). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούσαν στην ποιότητα ύπνου και τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ΑΝΣ).

Τα δεδομένα που αφορούσαν την ποιότητα του ύπνου ήταν η διάρκεια ύπνου (%), η συνέχεια ύπνου (5/θμια κλίμακα αξιολόγησης), οι κύκλοι ύπνου (έως 5), οι μεγάλες διακοπές ύπνου (%), ο ελαφρύς ύπνος (%) και ο βαθύς ύπνος (%).

Τα δεδομένα που αφορούσαν στη λειτουργία του ΑΝΣ ήταν ο μέσος όρος καρδιακών παλμών το λεπτό (HRavg / bpm), ο μέσος όρος της συχνότητας των αναπνοών ανά λεπτό (brpm), η μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV / ms) και η χρονική διάρκεια από αναπνοή σε αναπνοή (ms)

Για τη συλλογή των δεδομένων χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί η καταγραφή με τον παλμογράφο χειρός για 3 βράδια, ώστε τα δεδομένα να είναι αξιόπιστα. Επίσης, για την καταγραφή των δεδομένων θα έπρεπε οι συμμετέχοντες να κοιμούνται τουλάχιστον 5 ώρες τη βραδιά.

Όργανα μετρήσεων

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα:

- αναστημόμετρο Seca 213 (Vogel Hamburg, Germany) (SECA 2018) με ακρίβεια μέτρησης 1 mm για τη μέτρηση του ύψους από όρθια θέση.
- αναλυτής σύστασης σώματος Tanita MC780 με ακρίβεια μέτρησης 0,1 kg για τις μεταβλητές που μετρούνταν σε κιλά (λιπώδη μάζα, μυϊκή μάζα, συνολικά υγρά), 0,1% για τα ποσοστά (λιπώδη μάζα, μυϊκή μάζα, συνολικό νερό σώματος), 1 μονάδα για το σπλαχνικό λίπος και 1 kcal/1kJ για τον βασικό μεταβολικό ρυθμό.
- Μετρητής γλυκόζης ControlBios®
- Παλμογράφος χειρός (Polar Unite).



Στατιστική ανάλυση

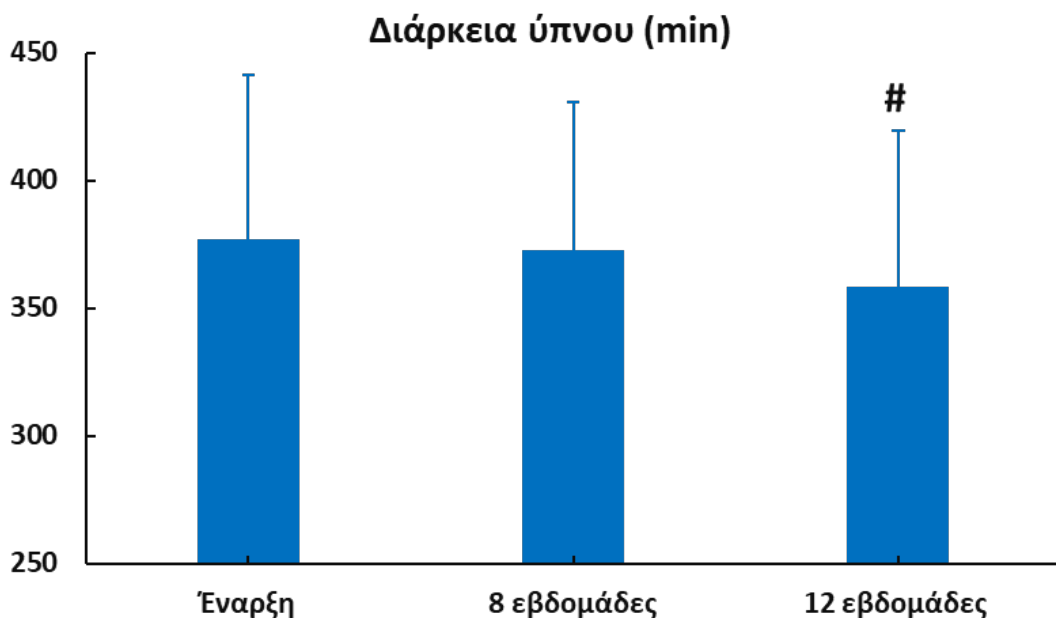
Για την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό στατιστικής εφαρμογής για κοινωνικές επιστήμες (Statistical Social Package for Social Sciences, SPSS) έκδοση 30 (IBM, SPSS Corp., Armonk, NY, USA). Χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, όπως ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση ($\bar{X} \pm SD$) για τις συνεχείς και κατηγορικές μεταβλητές. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) για τις εξαρτημένες μεταβλητές της ποιότητας ύπνου [διάρκεια ύπνου (%), συνέχεια ύπνου (5/θμια κλίμακα αξιολόγησης), κύκλοι ύπνου (έως 5), μεγάλες διακοπές ύπνου (%), ελαφρύς ύπνος (%), βαθύς ύπνος (%)] και του αυτόνομου νευρικού συστήματος [μέσος όρος καρδιακών παλμών το λεπτό (HRavg / bpm), μέσος όρος της συχνότητας των αναπνοών ανά λεπτό (brrm), μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV / ms), χρονική διάρκεια από αναπνοή σε αναπνοή (ms)]. Αναφορικά με τις μετρήσεις που αφορούσαν στην OGTT πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενους και τους δύο παράγοντες (two-way ANOVA repeated measures, Χρονική στιγμή μέτρησης OGTT x Χρονική στιγμή άσκησης, 5 x 4). Η ανίχνευση σημαντικότητας των διαφορών μεταξύ των χρονικών στιγμών των μετρήσεων που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη για την ανάδειξη των διαφοροποιήσεων έγινε με πολλαπλές συγκρίσεις Bonferroni. Ως στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε το $p < 0.05$.



VI. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ποιότητα ύπνου

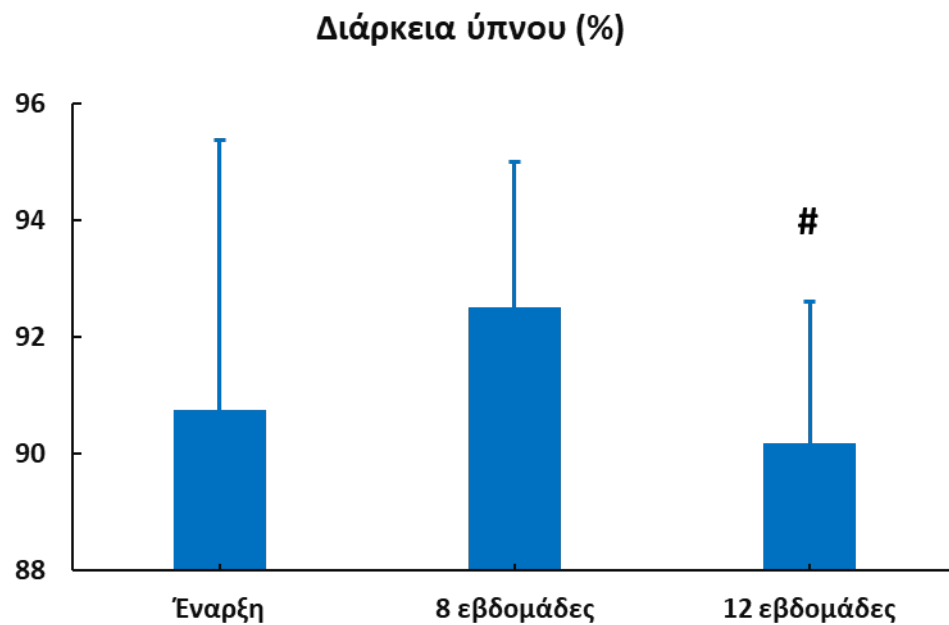
Πραγματική χρονική διάρκεια ύπνου (min): Αναφορικά με την καταγραφή της πραγματικής χρονικής διάρκειας ύπνου, η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=3.503$, $p=0,048$, $\eta^2=0.242$]. Οι πολλαπλές συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις της διάρκειας του ύπνου μεταξύ της διακοπής της άσκησης συγκριτικά με την έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Αποτελέσματα καταγραφής της διάρκειας ύπνου (min).

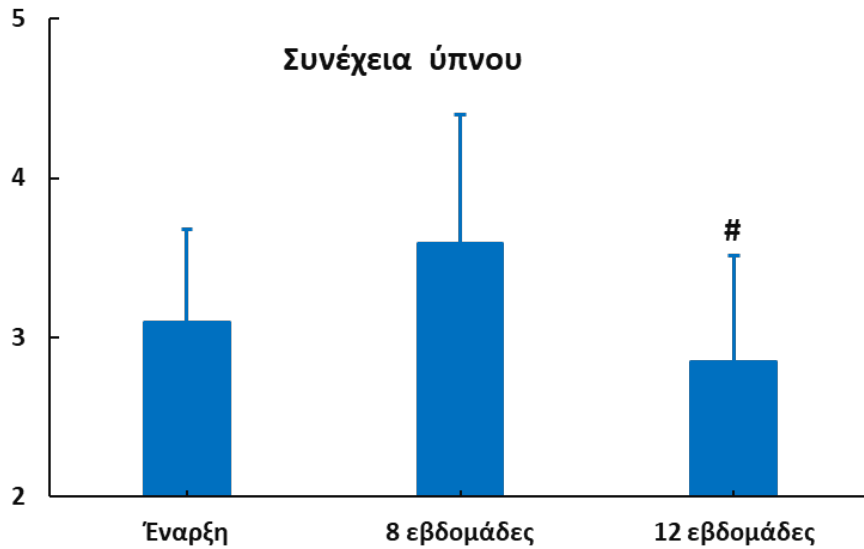


Πραγματική χρονική διάρκεια ύπνου (%): Αναφορικά με την καταγραφή της πραγματικής χρονικής διάρκειας ύπνου σε ποσοστό (%), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=2,247$, $p=0.029$, $\eta^2=0.170$] (Σχήμα 2).



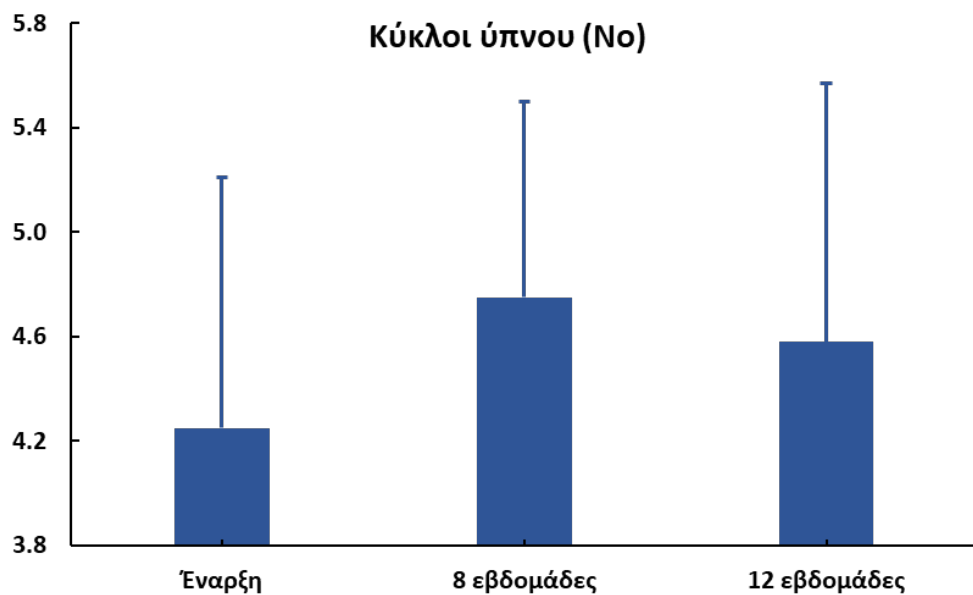
Σχήμα 2. Αποτελέσματα καταγραφής της διάρκειας του ύπνου (%).

Συνέχεια στη διάρκεια του ύπνου (5βαθμια κλίμακα): Αναφορικά με την καταγραφή της συνέχειας στη διάρκεια του ύπνου (Σχήμα 3), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=1.776$, $p=0,016$, $\eta^2=0.315$]. Οι πολλαπλές συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p<0.05$) της 2^{ης} καταγραφής (8^η εβδομάδα άσκησης) με την 3^η καταγραφή (4^η εβδομάδα διακοπής της άσκησης).



Σχήμα 3. Αποτελέσματα καταγραφής της συνέχειας του ύπνου σε 5θμια κλίμακα.

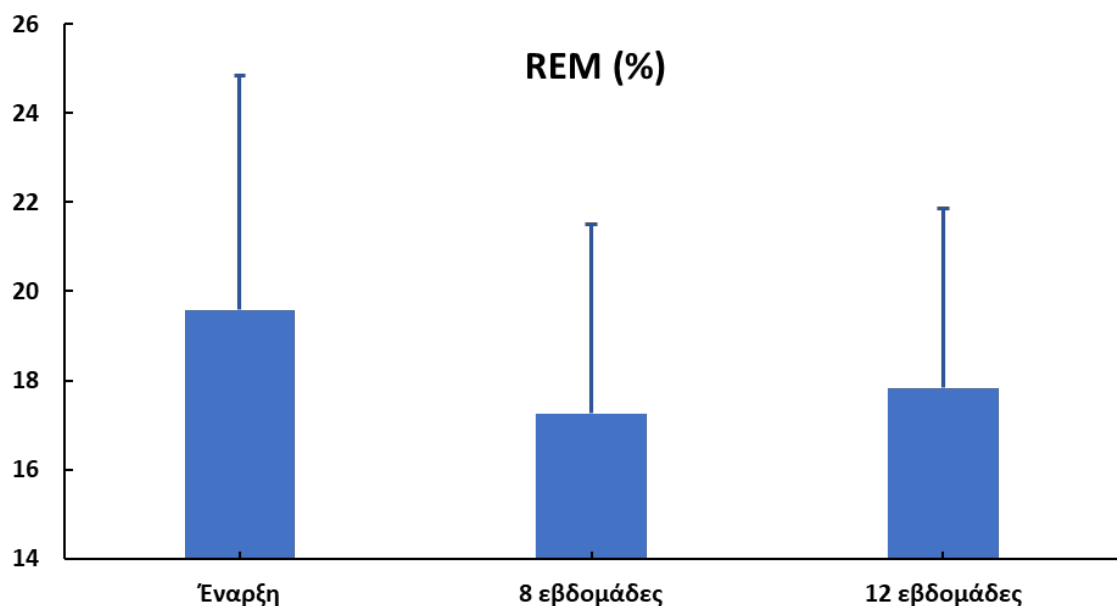
Κύκλοι ύπνου (No): Αναφορικά με την καταγραφή των κύκλων ύπνου, η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=1.242$, $p=0.308$, $\eta^2=0.101$].



Σχήμα 4. Αποτελέσματα καταγραφής των κύκλων ύπνου.

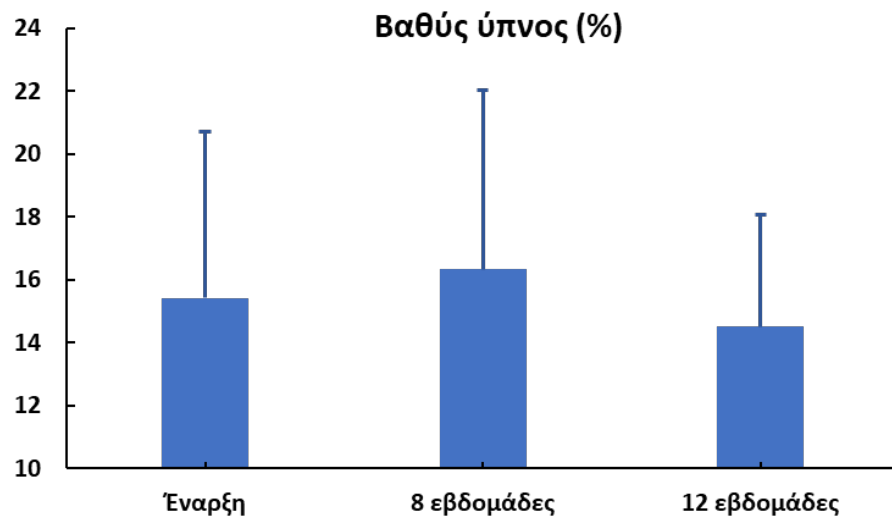


REM (%): Αναφορικά με την καταγραφή του REM ύπνου (Σχήμα 5), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=0.801$, $p=0.462$, $\eta^2=0.068$].



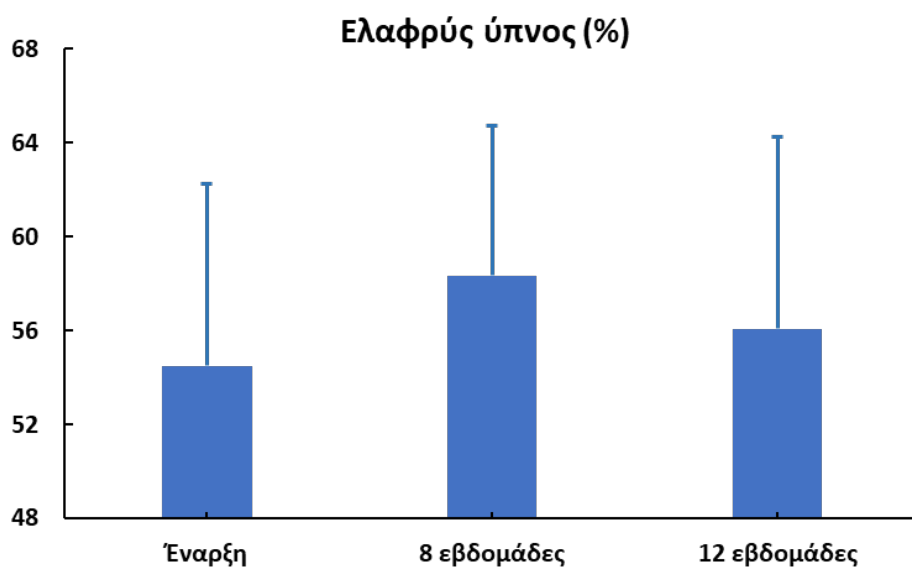
Σχήμα 5. Αποτελέσματα καταγραφής του REM ύπνου (%).

Βαθύς ύπνος (%). Αναφορικά με την καταγραφή της πραγματικής διάρκειας του βαθύ ύπνου (Σχήμα 6), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=0.584$, $p=0.566$, $\eta^2=0.050$].



Σχήμα 6. Αποτελέσματα καταγραφής του βαθύ ύπνου (%).

Ελαφρύς ύπνος (%). Αναφορικά με την καταγραφή της πραγματικής διάρκειας του ελαφρύ ύπνου (Σχήμα 7), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=0.973$, $p=0.394$, $n^2=0.081$].

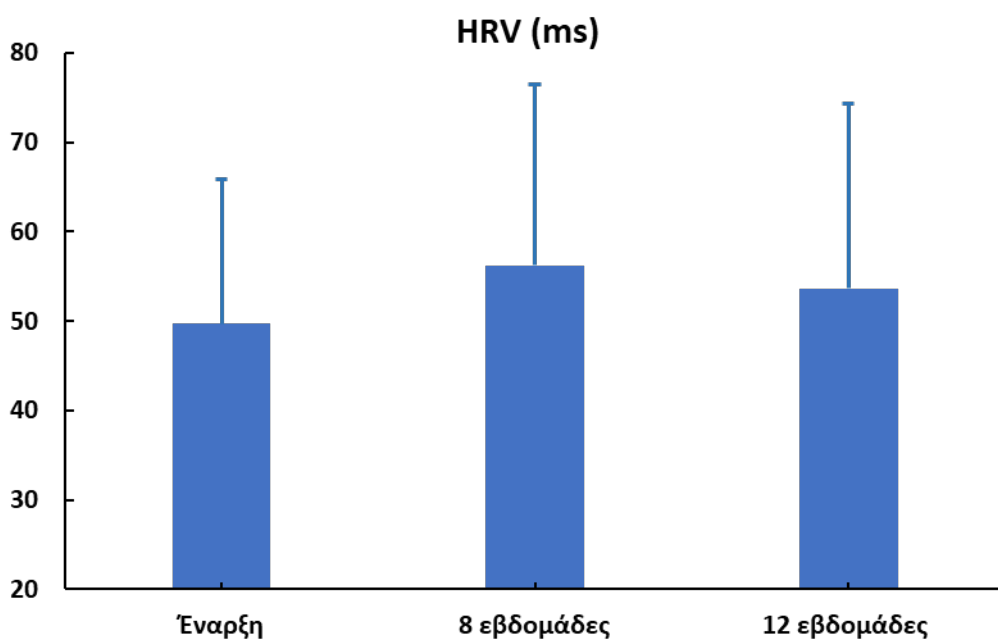


Σχήμα 7. Αποτελέσματα καταγραφής του ελαφρύ ύπνου (%).



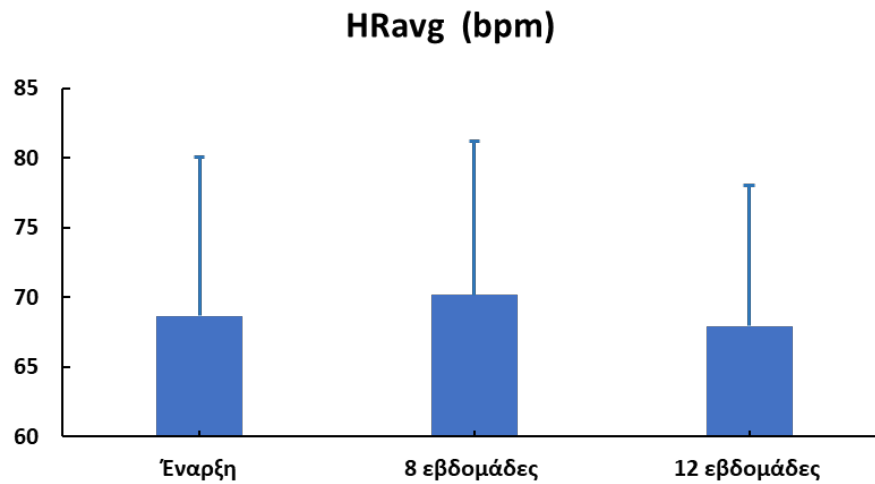
Κεντρικό νευρικό σύστημα

Μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV, ms). Αναφορικά με την καταγραφή της HRV (Σχήμα 8), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=1.530$, $p=0.239$, $n^2=0.122$].



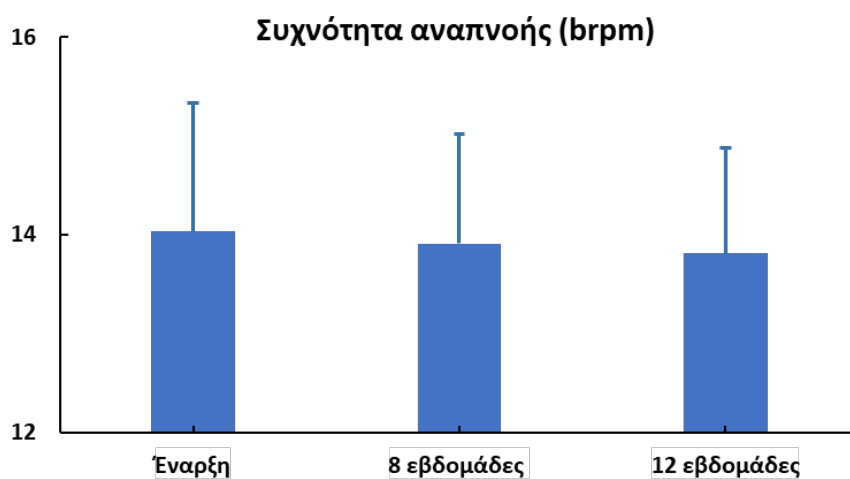
Σχήμα 8. Αποτελέσματα καταγραφής της HRV (ms).

Μέσος όρος καρδιακής συχνότητας (HRavg, bpm). Αναφορικά με την καταγραφή της HRavg (Σχήμα 9), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=0.195$, $p=0.415$, $n^2=0.077$].



Σχήμα 9. Αποτελέσματα καταγραφής της HRavg (bpm).

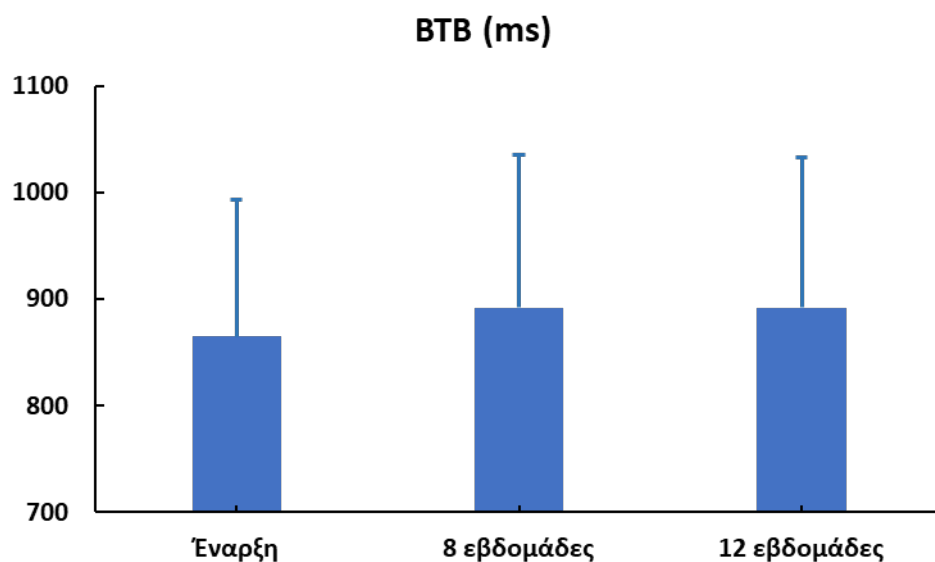
Μέσος όρος της συχνότητας αναπνοών ανά λεπτό (Breathing rate average, BRavg, bpm). Αναφορικά με την καταγραφή της συχνότητας αναπνοών ανά λεπτό (Σχήμα 10), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=0.470$, $p=0.631$, $\eta^2=0.041$].



Σχήμα 10. Αποτελέσματα καταγραφής της συχνότητας αναπνοής ανά λεπτό (bpm).



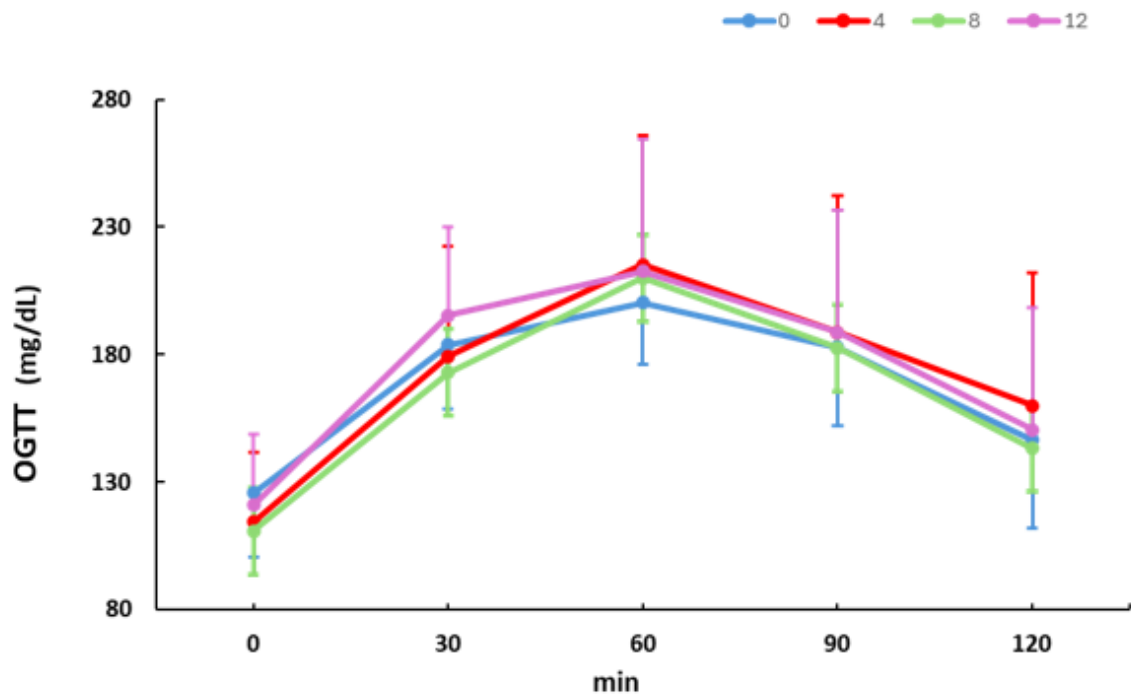
Χρονική διάρκεια από αναπνοή σε αναπνοή (Breath to breath, BTB, ms). Αναφορικά με την καταγραφή της BTB (Σχήμα 11), η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (One-way ANOVA repeated measures) έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(2,22)}=0.974$, $p=0.393$, $n^2=0.81$].



Σχήμα 11. Αποτελέσματα καταγραφής της χρονικής διάρκειας από αναπνοή σε αναπνοή (ms).

Καμπύλη γλυκόζης

Αναφορικά με τις μετρήσεις που αφορούσαν την καμπύλη γλυκόζης OGTT (Σχήμα 12), η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενους και τους δύο παράγοντες (two-way ANOVA repeated measures, Χρονική στιγμή μέτρησης OGTT x Χρονική στιγμή άσκησης, 5×4), έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή άσκησης, τη χρονική στιγμή 0' [$F_{(3,33)}=1.598$, $p=0.209$, $n^2=0.127$], τη χρονική στιγμή 30' [$F_{(3,33)}=1.929$, $p=0.144$, $n^2=0.149$], τη χρονική στιγμή 60' [$F_{(3,33)}=0.611$, $p=0.612$, $n^2=0.053$], τη χρονική στιγμή 90' [$F_{(3,33)}=0.214$, $p=0.886$, $n^2=0.019$] και τη χρονική στιγμή 120' [$F_{(3,33)}=1.057$, $p=0.381$, $n^2=0.088$].



Σχήμα 12. Αποτελέσματα μετρήσεων της καμπύλης γλυκόζης (OGTT) στις διάφορες χρονικές στιγμές (0, 30', 60, 90' και 120') στην έναρξη, στις 4 εβδομάδες, στις 8 εβδομάδες και στις 12 εβδομάδες άσκησης.



V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε καταγραφή και σύγκριση των παραμέτρων της ποιότητας του ύπνου και της λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος έπειτα από την εφαρμογή ενός συνδυαστικού παρεμβατικού πρωτοκόλλου άσκησης διάρκειας δύο μηνών σε ενήλικες με ΣΔτ2. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η συστηματική συνδυαστική άσκηση μπορεί να επιδρά ευεργετικά σε επιμέρους παραμέτρους της ποιότητας ύπνου, ενισχύοντας τον ρόλο της ως μη φαρμακευτικής παρέμβασης στη διαχείριση του ΣΔτ2.

Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν βελτιώσεις στη συνολική πραγματική διάρκεια ύπνου, στο ποσοστό διάρκειας ύπνου και στη συνέχεια του ύπνου, ενώ τάσεις βελτίωσης καταγράφηκαν και σε χαρακτηριστικά όπως οι διακοπές, οι κύκλοι και η κατανομή των σταδίων ύπνου (ελαφρύς και βαθύς ύπνος). Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με προηγούμενες μελέτες που καταδεικνύουν ότι η άσκηση, και ιδιαίτερα η μέτριας έντασης, βελτιώνει την ποιότητα και τη διάρκεια του ύπνου (Zhao et al., 2023; Huang et al., 2022; Fank et al., 2022). Η συνδυαστική άσκηση, όπως προτείνεται και από διεθνείς κατευθυντήριες οδηγίες (Piercy et al., 2018), φαίνεται να παρέχει πολυδιάστατα οφέλη, επηρεάζοντας τόσο τη μεταβολική υγεία όσο και τους νευροφυσιολογικούς μηχανισμούς του ύπνου (Timmons et al., 2018).

Η βελτίωση της ποιότητας ύπνου στα άτομα με ΣΔτ2 έχει ιδιαίτερη κλινική σημασία, καθώς η βιβλιογραφία αναδεικνύει σαφή συσχέτιση μεταξύ διάρκειας ύπνου και γλυκαιμικού ελέγχου. Σύμφωνα με μετα-ανάλυση των Lee, Ng και Chin (2017), τα άτομα με ΣΔτ2 που κοιμούνται λιγότερο από 7 ώρες παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα HbA1c συγκριτικά με εκείνα που κοιμούνται 7–8 ώρες. Επιπλέον, έχει καταδειχθεί θετική συσχέτιση μεταξύ μεταβολών στη διάρκεια ύπνου και επιπέδων γλυκόζης αίματος (Antza et al., 2022), γεγονός που υποδηλώνει ότι η βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας ύπνου ενδέχεται να λειτουργεί συμπληρωματικά στη ρύθμιση της γλυκαιμίας. Επομένως, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, καθώς υποστηρίζουν ότι η άσκηση μπορεί να επηρεάζει έμμεσα τον γλυκαιμικό έλεγχο μέσω της βελτίωσης του ύπνου.



Παράλληλα, καταγράφηκαν ευνοϊκές προσαρμογές σε παραμέτρους του αυτόνομου νευρικού συστήματος (HRavg, HRV, bpm, χρόνος από χτύπο σε χτύπο), γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι η άσκηση επιδρά στον ύπνο μέσω ρύθμισης της ισορροπίας μεταξύ συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού συστήματος. Η αύξηση της HRV και η μείωση της μέσης καρδιακής συχνότητας αποτελούν ενδείξεις ενίσχυσης της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας, η οποία συνδέεται με βαθύτερο και πιο ξεκούραστο ύπνο. Η νευροαυτόνομη αυτή προσαρμογή πιθανόν να αποτελεί βασικό μηχανισμό μέσω του οποίου η άσκηση βελτιώνει τη δομή και τη σταθερότητα του ύπνου στα άτομα με ΣΔτ2.

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι, παρότι οι περισσότερες παράμετροι παρουσίασαν θετική τάση, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε όλες τις μεταβλητές. Το εύρημα αυτό μπορεί να αποδοθεί στο μικρό μέγεθος δείγματος, στη διάρκεια της παρέμβασης ή στη διακύμανση της ατομικής απόκρισης στην άσκηση, φαινόμενο που έχει περιγραφεί στη βιβλιογραφία ως “non-response”. Παρά τις πιθανές αυτές επιδράσεις, η συνολική εικόνα υποστηρίζει την ύπαρξη θετικής προσαρμογής.

Επιπλέον, η ένταση και ο χρόνος εφαρμογής της άσκησης φαίνεται να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Αν και τόσο η μέτρια όσο και η υψηλής έντασης άσκηση μπορούν να είναι ωφέλιμες, η εκτέλεση έντονης άσκησης σε χρονική εγγύτητα με τον ύπνο ενδέχεται να αυξήσει τα επίπεδα κορτιζόλης και τη συμπαθητική δραστηριότητα, επηρεάζοντας αρνητικά την έναρξη του ύπνου (Chrysant, 2024). Επομένως, ο χρονισμός της άσκησης αποτελεί παράγοντα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό παρεμβάσεων.

Συνολικά, η παρούσα μελέτη ενισχύει τη θέση ότι η συνδυαστική άσκηση αποτελεί αποτελεσματική, ασφαλή και μη φαρμακευτική στρατηγική για τη βελτίωση της ποιότητας ύπνου σε άτομα με ΣΔτ2, με πιθανές δευτερογενείς επιδράσεις στον γλυκαιμικό έλεγχο και στην καρδιομεταβολική υγεία. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την ανάγκη ενσωμάτωσης δομημένων προγραμμάτων άσκησης στις θεραπευτικές οδηγίες για τον ΣΔτ2, καθώς και τη σημασία περαιτέρω μακροχρόνιων και μεγαλύτερης κλίμακας παρεμβατικών μελετών που θα διερευνήσουν τους υποκείμενους μηχανισμούς και τη διατήρηση των προσαρμογών μετά τη διακοπή της άσκησης.



VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη καταδεικνύουν ότι τα άτομα με ΣΔτ2 παρουσιάζουν βελτιωμένη ποιότητα ύπνου έπειτα από την εφαρμογή ενός δίμηνου συνδυαστικού παρεμβατικού προγράμματος άσκησης, ως προς την πραγματική διάρκεια ύπνου (min) και την συνέχεια αυτού. Όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους που αξιολογήθηκαν, καταγράφηκαν βελτιώσεις, οι οποίες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις. Καθώς και στις παραμέτρους που αξιολογήθηκαν του ΚΝΣ σημειώθηκαν βελτιώσεις χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις. Οι μεγάλες διαφοροποιήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης ενδεχομένως να οφείλονται στον ΣΔτ2 και τη φαρμακευτική αγωγή που ακολουθεί ο καθένας από τους συμμετέχοντες, καθώς και τα συνοδά προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Με την περάτωση της παρούσας έρευνας, κρίνεται σκόπιμη η υλοποίηση μελλοντικών μελετών που θα διευρύνουν και θα εμβαθύνουν στα ευρήματά της. Συγκεκριμένα, προτείνεται η εφαρμογή παρεμβατικών προγραμμάτων άσκησης μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, ώστε να διερευνηθεί εάν τα οφέλη στην ποιότητα ύπνου και στη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος ενισχύονται ή σταθεροποιούνται μακροπρόθεσμα, καθώς και εάν διατηρούνται μετά από παρατεταμένη περίοδο παρακολούθησης.

Επιπλέον, η συμπερίληψη μεγαλύτερου αριθμού συμμετεχόντων θα ενίσχυε τη στατιστική ισχύ των αποτελεσμάτων και θα διευκόλυνε τη γενίκευσή τους στον ευρύτερο πληθυσμό ατόμων με ΣΔτ2. Ένα μεγαλύτερο και πιο ετερογενές δείγμα θα επέτρεπε, επίσης, τη διερεύνηση πιθανών διαφοροποιήσεων ως προς το φύλο, την ηλικία, τη διάρκεια νόσου και το επίπεδο γλυκαιμικού ελέγχου.

Ακόμη, προτείνεται η διαφοροποίηση των πρωτοκόλλων άσκησης (π.χ. αερόβια μέτριας έντασης, υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση, προπόνηση αντιστάσεων ή διαφορετικοί συνδυασμοί αυτών), προκειμένου να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η επίδραση κάθε τύπου και έντασης άσκησης στις παραμέτρους της ποιότητας ύπνου και της νευροαυτόνομης ρύθμισης.



Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση της χρονικής στιγμής εκτέλεσης της άσκησης (πρωινές, μεσημβρινές ή απογευματινές ώρες), ώστε να προσδιοριστεί εάν ο χρονισμός της παρέμβασης επηρεάζει την ποιότητα και τη δομή του ύπνου σε ενήλικες με ΣΔτ2. Η εξέταση του παράγοντα αυτού θα μπορούσε να συμβάλει στη διαμόρφωση πιο εξατομικευμένων και αποτελεσματικών συστάσεων άσκησης για τη βελτιστοποίηση της μεταβολικής και νευροφυσιολογικής υγείας.



IX. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Mhanna, S. B., Batrakoulis, A., Wan Ghazali, W. S., Mohamed, M., Aldayel, A., Alhussain, M. H., Afolabi, H. A., Wada, Y., Güllü, M., Elkholi, S., Abubakar, B. D., & Rojas-Valverde, D. (2024). Effects of combined aerobic and resistance training on glycemic control, blood pressure, inflammation, cardiorespiratory fitness and quality of life in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis. *Peer J*, *12*, e17525.
- Antza, C., Kostopoulos, G., Mostafa, S., Nirantharakumar, K., & Tahrani, A. (2022). The links between sleep duration, obesity and type 2 diabetes mellitus. *Journal of Endocrinology*, *252*, 125-141.
- Beihl, D. A., Liese, A. D., & Haffner, S. M. (2009). Sleep duration as a risk factor for incident type 2 diabetes in a multiethnic cohort. *Annals of Epidemiology*, *19*(5), 351–357.
- Borzouei, S., Ahmadi, A., & Pirdehghan, A. (2024). Sleep quality and glycemic control in adults with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, *8*, 3398-3402.
- Bouchard, C., An, P., Rice, T., Skinner, J. S., Wilmore, J. H., Gagnon, J., Pérusse, L., Leon, A. S., & Rao, D. C. (1999). Familial aggregation of VO₂max response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology*, *87*(3), 1003–1008. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.87.3.1003>
- Bowden, J., Tierney, J. F., Copas, A. J., & Burdett, S. (2011). Quantifying, displaying and accounting for heterogeneity in the meta-analysis of RCTs using standard and generalised Q statistics. *BMC Medical Research Methodology*, *11*, 41.
- Buyse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, *28*(2), 193-213.



- Cassidy, S., Vaidya, V., Houghton, D., Zalewski, P., Seferovic, J.P., Hallsworth, K., MacGowan, G.A., Trenell, M.I. & Jakovljevic, D.G. (2019). Unsupervised high-intensity interval training improves glycaemic control but not cardiovascular autonomic function in type 2 diabetes patients: A randomised controlled trial. *Diabetes & Vascular Disease Research*, 16, 69–76.
- Catai, A.M., Chacon-Mikahil, M.P., Martinelli, F.S., Forti, V.A., Silva, E., Golfetti, R., Martins, L.E., Szrajter, J.S., Wanderley, J.S., Lima-Filho, E.C., Milan, L.A., Marin-Neto, J.A., Maciel, B.C. & Gallo-Junior, L. (2002). Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 35(6), 741-752.
- Cespedes, E. M., Bhupathiraju, S. N., Li, Y., Rosner, B., Redline, S., & Hu, F. B. (2016). Long-term changes in sleep duration, energy balance and risk of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 59, 101–109.
- Chasens, E.R., Imes, C.C., Kariuki, J.K., Luyster, F.S., Morris, J.L., DiNardo, M.M., Godzik, C.M., Jeon, B. & Yang, K. (2021). Sleep and Metabolic Syndrome. *Nurs Clin North Am*, 56(2): 203-217.
- Chasens, E.R., Korytkowski, M., Sereika, S.M. & Burke, L.E. (2013). Effect of poor sleep quality and excessive daytime sleepiness on factors associated with diabetes self-management. *The Diabetes Educator*, 39(1), 74-82.
- Chen, X.S., Liu, H.Z., Fang, J., Wang, S.J., Han, Y.X., Meng, J., Han, Y., Zou, H.M., Gu, Q., Hu, X., Ma, Q.W. & Huang, F. (2025). Effects of Tai Chi on Cognitive Function in Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: Randomized Controlled Trial Using Wearable Devices in a Mobile Health Model. *J Med Internet Res*, 27: e77014.
- Chrysant, S.G. (2024). Effects of physical activity on sleep quality and wellbeing. *Hosp Pract* (1995), 52(1-2): 13-18.



- Chrysant, S.G. & Chrysant, G.S. (2023). Association of physical activity and trajectories of physical activity with cardiovascular disease. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 21(2): 87–96.
- Committee, A.D.A.P.P. 1. (2021). Improving care and promoting health in populations: standards of medical care in diabetes - 2022. *Diabetes Care*;45(Supplement_1): S8–16.
- Davies, M.J., Aroda, V.R., Collins, B.S., Gabbay, R.A., Green, J., Maruthur, N.M., Rosas, S.E., Del Prato, S., Mathieu, C., Mingrone, G., Rossing, P., Tankova, T., Tsapas, A. & Buse, J.B. (2022). Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2022. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care*, 45(11): 2753-2786.
- Dhaliwal, R., Shepherd, J.A., El Ghorml, L., Copeland, K.C., Geffner, M.E., Higgins, J., Levitsky, L.L., Nadeau, K.J., Weinstock, R.S. & White, N.H. (2019). TODAY Study group. changes in visceral and subcutaneous fat in youth with type 2 diabetes in the TODAY Study. *Diabetes Care*, 42(8):1549-1559.
- Egan, B., & Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*, 17(2), 162-184.
- Fank, F., Pereira, F.D.S., Dos Santos, L., de Mello, M.T. & Mazo, G.Z. (2022). Effects of Exercise on Sleep in Older Adults: An Overview of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Journal of Aging and Physical Activity*, 30(6), 1101-1117.
- Güngör, A.K., Topçu, H., Aldhahi, M.I., Al-Mhanna, S.B. & Gülü M. (2024). Resistance training to muscle failure with variable load intensities: implications for post-exercise blood pressure and heart rate variability in trained men. *J Clinl Med*, 13(8): 2296.
- Helal, L., Umpierre, D., & Moraes, R. S. (2017). High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*, 117, 2365-2366.
- Huang, B. H., Duncan, M. J., Cistulli, P. A., Nassar, N., Hamer, M., & Stamatakis, E. (2022). Sleep and physical activity in relation to all-cause, cardiovascular disease and cancer



mortality risk. *British Journal of Sports Medicine*, 56(13), 718–724.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104046>

International Diabetes Federation (2025). *IDF Diabetes Atlas* (11th ed.). Brussels: IDF.

Jackson, C. L., Redline, S., Kawachi, I., & Hu, F. B. (2013). Association between sleep duration and diabetes in black and white adults. *Diabetes Care*, 36(11), 3557-3565.

Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J.A., Khunti, K., & Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(11), 942-961.

Jike, M., Itani, O., Watanabe, N., Buysse, D.J. & Kaneita, Y. (2018). Long sleep duration and health outcomes: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Sleep Med Rev*, 39: 25-36.

Kanaley, J. A., Colberg, S. R., Corcoran, M. H., Malin, S. K., Rodriguez, N. R., Crespo, C. J., Kirwan, J. P., & Zierath, J. R. (2022). Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(2), 353–368.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002800>

Kanaley, J. A., Weltman, J. Y., Veldhuis, J. D., Rogol, A. D., Hartman, M. L., & Weltman, A. (1997). Human growth hormone response to repeated bouts of aerobic exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 83(5), 1756–1761.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1997.83.5.1756>

Kawada, T. (2017). Effect of high-intensity aerobic exercise on aerobic fitness and HbA1c in patients with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*, 117, 1519–1520.

Kim, C.W., Chang, Y., Sung, E. & Ryu, S. (2017). Sleep duration and progression to diabetes in people with prediabetes defined by HbA_{1c} concentration. *Diabet Med*, 34(11):1591-1598.



- Knuiman, P., Hopman, M.T.E. & Mensink, M. (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutr Metab (Lond)*, 12: 1–11.
- Krueger, P.M. & Friedman, E.M. (2009). Sleep duration in the United States: a cross-sectional population-based study. *Am J Epidemiol*, 169(9): 1052–1063.
- Lee, S. W. H., Ng, K. Y., & Chin, W. K. (2017). The impact of sleep amount and sleep quality on glycemic control in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 31, 91-101.
- Leproult, R., Deliens, G., Gilson, M. & Peigneux, P. (2015). Beneficial impact of sleep extension on fasting insulin sensitivity in adults with habitual sleep restriction. *Sleep*, 38: 707–15.
- Li, J., Cao, D., Huang, Y., Chen, Z., Wang, R., Dong, Q., Wei, Q. & Liu, L. (2022). Sleep duration and health outcomes: an umbrella review. *Sleep Breath*, 26(3): 1479-1501.
- Liang, M., Pan, Y., Zhong, T., Zeng, Y. & Cheng, A.S.K. (2021). Effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic syndrome parameters and cardiovascular risk factors: a systematic review and network meta-analysis. *Rev Cardiovasc Med*, 22: 1523– 1533.
- Liu-Ambrose, T. & Falck, R.S. (2019). Sleep, physical activity, and cognitive health in older adults, 1st ed: vol 30. Elsevier B.V.
- Liu, J.X., Zhu, L., Li, P.J., Li, N. & Xu, Y.B. (2019). Effectiveness of high-intensity interval training on glycemic control and cardiorespiratory fitness in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clin Exp Res*, 31(5): 575-593.
- Lowe, H., Haddock, G., Mulligan, L.D., Gregg, L., Fuzellier-Hart, A., Carter, L.A. & Kyle, S.D. (2019). Does exercise improve sleep for adults with insomnia? A systematic review with quality appraisal. *Clin Psychol Rev*, 68: 1-12.



- Luján-Barroso, L., Margara-Escudero, H.J., Crous-Bou, M., Huerta, J.M., Chirlaque, M.D., Molina-Montes, E., Sánchez, M.J., Guevara, M., Moreno-Iribas, C., Amiano, P., Mokoroa, O., González, S., Agudo, A., Quirós, J.R. & Jakszyn, P. (2024). Chrono-Nutrition, Chrono-Type, and the Prevalence of Type 2 Diabetes Mellitus in a Cross-Sectional Study from the EuroPean Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) Study. *Nutrients*, 16(16):2598.
- Magalhães, J.P., Júdice, P.B., Ribeiro, R., Andrade, R., Raposo, J., Dores, H., Bicho, M. & Sardinha, L.B. (2019). Effectiveness of high-intensity interval training combined with resistance training versus continuous moderate-intensity training combined with resistance training in patients with type 2 diabetes: A one-year randomized controlled trial. *Diabetes Obes Metab*, 21(3): 550-559.
- Michael, S., Graham, K.S. & Davis, G.M. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals-a review. *Front Physiol*, 8: 301.
- Montero, D. & Lundby, C. (2017). Refuting the myth of non-response to exercise training: 'non-responders' do respond to higher dose of training. *J Physiol*, 595(11): 3377–3387.
- Ohayon, M. M., Reynolds, C. F., & Dauvilliers, Y. (2013). Excessive sleep duration and quality of life. *Annals of Neurology*, 73, 785-794.
- Pacheco, D. & Singh, A. (2023). Lack of sleep and diabetes. *Physi Health Sleep*. Lack;. <https://www.sleepfoundation.org/physical-health/lack-of-sleep-and-diabetes>.
- Park, H. & Suh, B. (2020). Association between sleep quality and physical activity according to gender and shift work. *J Sleep Res*, 29 (6): e12924.
- Piercy, K.L., Troiano, R.P., Ballard, R.M., Carlson, S.A., Fulton, J.E., Galuska, D.A., George, S.M. & Olson, R.D. (2018). The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, 320(19): 2020-2028.
- Ramar, K., Malhotra, R.K., Carden, K.A., Martin, J.L., Abbasi-Feinberg, F., Aurora, R.N., Kapur, V.K., Olson, E.J., Rosen, C.L., Rowley, J.A., Shelgikar, A.V. & Trotti, L.M. (2021).



Sleep is essential to health: an American Academy of Sleep Medicine position statement. *J Clin Sleep Med*, 17(10): 2115-2119.

Ren, Y., Wang, W., Zou, H., Lei, Y., Li, Y., Li, Z., Zhang, X., Kong, L., Yang, L., Cao, F., Yan, W. & Wang, P. (2024). Association between ideal cardiovascular health and abnormal glucose metabolism in the elderly: evidence based on real-world data. *BMC Geriatr*, 24(1): 414.

Reutrakul, S. & Van Cauter E. (2018). Sleep influences on obesity, insulin resistance, and risk of type 2 diabetes. *Metabolism*, 84: 56–66.

Sakamoto, R., Yamakawa, T., Takahashi, K., Suzuki, J., Shinoda, M.M., Sakamaki, K., Danno, H., Tsuchiya, H., Waseda, M., Takano, T., Minagawa, F., Takai, M., Masutani, T., Nagakura, J., Shigematsu, E., Ishikawa, M., Nakajima, S., Kadonosono, K. & Terauchi, Y. (2018). Association of usual sleep quality and glycemic control in type 2 diabetes in Japanese: A cross sectional study. Sleep and Food Registry in Kanagawa (SOREKA). *PLoS One*, 13(1): e0191771.

Sapra, A. & Bhandari, P. (2025). Diabetes. 2023 Jun 21. In: Stat Pearls [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls. PMID: 31855345.

Savikj, M., Gabriel, B.M., Alm, P.S., Smith, J., Caidahl, K., Björnholm, M., Fritz, T., Krook, A., Zierath, J.R. & Wallberg-Henriksson, H. (2019). Afternoon exercise is more efficacious than morning exercise at improving blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes: a randomised crossover trial. *Diabetologia*, 62(2): 233-237.

Shan, Z., Ma, H., Xie, M., Yan, P., Guo, Y., Bao, W., Rong, Y., Jackson, C.L., Hu, F.B. & Liu, L. (2015). Sleep duration and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Care*, 38(3): 529-37.

Simon, S., Rahat, H., Carreau, A.M., Garcia-Reyes, Y., Halbower, A., Pyle, L., Nadeau, K.J., Cree-Green, M. (2020). Poor sleep is related to metabolic syndrome severity in adolescents with PCOS and obesity. *J Clin Endocrinol Metab*, 105(4): e1827–34.



- Solomon, T.P.J. (2018). Sources of inter-individual variability in the therapeutic response of blood glucose control to exercise in type 2 diabetes: going beyond exercise dose. *Front Physiol*, 9: 896.
- Song, Q., Liu, X., Zhou, W., Wang, X. & Wu S. (2016). Short-term changes in sleep duration and risk of type 2 diabetes: Kailuan prospective study. *Med (Baltimore)*, 95(45): e5363.
- Song, Y., Chang, Z., Song, C., Cui, K., Yuan, S., Qiao, Z., Bian, X., Gao, Y. & Dou, K. (2023). Association of sleep quality, its change and sleep duration with the risk of type 2 diabetes mellitus: Findings from the English longitudinal study of ageing. *Diabetes Metab Res Rev*, 39(6): e3669.
- Souza, D., Coswig, V., de Lira, C.A.B. & Gentil, P. (2020). H"IT"ting the Barriers for Exercising during Social Isolation. *Biology*, 9, 245.
- Swanson, L.M., Arnedt, J.T., Rosekind, M.R., Belenky, G., Balkin, T.J. & Drake, C. (2011). Sleep disorders and work performance: Findings from the 2008 National Sleep Foundation Sleep in America poll. *J Sleep Res*, 20(3): 487-489.
- Timmons, J.F., Minnock, D., Hone, M., Cogan, K.E., Murphy, J.C. & Egan, B. (2018). Comparison of time-matched aerobic, resistance, or concurrent exercise training in older adults. *Scand J Med Sci Sports*, 28(11): 2272-2283.
- Uchida, S., Shioda, K., Morita, Y., Kubota, C., Ganeko, M. & Takeda, N. (2012). Exercise effects on sleep physiology. *Front Neurol*, 3: 48.
- von Ruesten, A., Weikert, C., Fietze, I. & Boeing, H. (2012). Association of sleep duration with chronic diseases in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Potsdam study. *PLoS One*, 7(1): e30972.
- Wei, M, Gibbons, L.W., Kampert, J.B., Nichaman, M.Z. & Blair, S.N. (2000). Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Ann Intern Med*, 132(8): 605–611.



- Winding, K.M., Munch, G.W., Iepsen, U.W., Van Hall, G., Pedersen, B.K. & Mortensen, S.P. (2018). The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Obes. Metab.*, *20*, 1131–1139.
- Yang, P.Y., Ho, K.H., Chen, H.C. & Chien, M.Y. (2012). Exercise training improves sleep quality in middle-aged and older adults with sleep problems: a systematic review. *J Physiother*, *58*(3): 157-163.
- Yin, J., Jin, X., Shan, Z., Li, S., Huang, H., Li, P., Peng, X., Peng, Z., Yu, K., Bao, W., Yang, W., Chen, X. & Liu, L. (2017). Relationship of sleep duration with all-cause mortality and cardiovascular events: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *J Am Heart Assoc*, *6*(9): e005947.
- Zhao, H., Lu, C. & Yi, C. (2023). Physical activity and sleep quality association in different populations: a meta-analysis. *Int J Environ Re Public Health*, *20*(3): 1864.
- Zhao, X., He, Q., Zeng, Y. & Cheng, L. (2021). Effectiveness of combined exercise in people with type 2 diabetes and concurrent overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* *11*(10): e046252.