



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ 2024-2025

ΤΙΤΛΟΣ:

**«Μεταβολή Θερμοκρασίας Πυρήνα κατά την Άσκηση σε Θερμό Περιβάλλον σε
Ασθενείς με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2»**

Φρόση Περσεφόνη

ΑΕΜ: 0721018

Υπεύθυνος Καθηγητής

Ανδρέας Φλουρής

Περίληψη

Η παρούσα εργασία, η οποία εκπονείται στα πλαίσια προπτυχιακού προγράμματος, αποτελεί μια ερευνητική μελέτη με θέμα την επίδραση της σωματικής άσκησης σε θερμό περιβάλλον στην θερμοκρασία πυρήνα σώματος σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξεταστεί η επίδραση τριών διαφορετικών εντάσεων παραγωγής θερμότητας σώματος σε καθιστό κυκλοεργόμετρο ως προς τη θερμοκρασία πυρήνα σώματος σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η έρευνα υλοποιήθηκε κατά το διάστημα Φεβρουαρίου- Μαρτίου 2025 και το δείγμα περιλαμβάνει 11 άτομα που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 και 9 άτομα χωρίς σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου μετρήθηκε η θερμοκρασία πυρήνα σώματος με ειδική τηλεμετρική κάψουλα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θερμοκρασία πυρήνα σώματος δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο ομάδων. Συμπερασματικά, η μελέτη αυτή έδειξε ότι, υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες άσκησης και θερμικού περιβάλλοντος, η θερμοκρασία πυρήνα του σώματος δεν επηρεάζεται σημαντικά από την παρουσία σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2.

Abstract

This study, conducted as part of an undergraduate program, is a research investigation on the effect of physical exercise in a hot environment on core body temperature in individuals with type 2 diabetes mellitus. The purpose of this study was to examine the impact of three different levels of body heat production, performed on a seated cycle ergometer on core body temperature under specific environmental conditions. The study was carried out between February and March 2025 and included 11 individuals diagnosed with type 2 diabetes mellitus and 9 individuals without type 2 diabetes mellitus. During the protocol, core body temperature was measured using a telemetric capsule. The results showed that

core body temperature did not significantly differ between the 2 groups, in any of the three different levels of body heat production. In conclusion, this study showed that, under the specific levels of exercise and thermal environment, core body temperature is not significantly affected by the presence of type 2 diabetes mellitus.

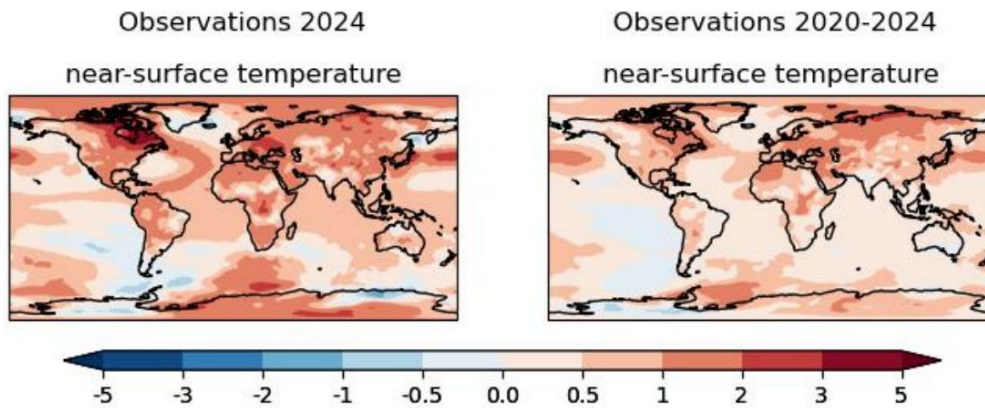
Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	8
2.1 Θερμορύθμιση	8
2.2 Αερόβια άσκηση σε θερμό περιβάλλον.....	9
2.3 Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 2	9
2.4 Θερμορύθμιση και σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2.....	10
2.5 Θερμοκρασία Πυρήνα Σώματος.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	12
3.1 Κριτήρια συμμετοχής	12
3.2 Δείγμα.....	12
3.3 Πειραματικό πρωτόκολλο	13
3.4 Μετρήσεις	15
3.4.1 Σπλαχνική Θερμοκρασία (θερμοκρασία πυρήνα, ΘΠ)	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	16
4.1 Στατιστική ανάλυση.....	16
4.2 Αποτελέσματα - Διαφορές στη μέση θερμοκρασία πυρήνα του σώματος.....	16
4.3 Αποτελέσματα - Διαφορές στη μέγιστη τιμή θερμοκρασίας πυρήνα του σώματος	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	21
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή συνιστά μία από τις σοβαρότερες απειλές της εποχής επηρεάζοντας πολλές ζωές, υπονομεύοντας καθοριστικούς παράγοντες της υγείας [1]. Το 2024 καταγράφηκε ως το θερμότερο έτος στα μετεωρολογικά χρονικά, με την παγκόσμια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης να εκτιμάται στους $1,55^{\circ}\text{C} \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα (1850–1900). Οι θερμοκρασίες ήταν σημαντικά υψηλότερες σχεδόν σε ολόκληρη τη χερσαία επιφάνεια του πλανήτη. Ιδιαίτερα έντονες θερμικές ανωμαλίες καταγράφηκαν στις τροπικές περιοχές, τη Βόρεια Αμερική, τη Βόρεια Αφρική, την Ευρώπη και σε εκτεταμένες περιοχές της Ασίας. Θερμικές διαταραχές όπως η θερμική εξάντληση και η θερμοπληξία αυξάνουν τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα, ενώ επιβαρύνουν περαιτέρω την πορεία προ υπαρχουσών παθήσεων και χρόνιων νοσημάτων[2, 3]. Η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζει κυρίως άτομα μεγαλύτερης ηλικίας και άτομα που νοσούν από χρόνιες παθήσεις, όπως είναι ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 (ΣΔ2). Ο ΣΔ2 εγείρει το ερευνητικό ενδιαφέρον αναφορικά με την πορεία της νόσου λόγω της μεταβολής του κλίματος.

Εικόνα 1. Μέση παγκόσμια θερμοκρασία για το έτος 2024 και των τελευταίων 5 ετών (WMO GlobalAnnualtoDecadalClimateUpdate (2025-2029))



Ο ΣΔ2, ο οποίος έχει εξελιχθεί σε παγκόσμια υγειονομική απειλή με πανδημικά χαρακτηριστικά, σχετίζεται με την παχυσαρκία, τη δυσλιπιδαιμία, την υπέρταση, το μεταβολικό σύνδρομο και πλήθος καρδιαγγειακών νοσημάτων. Πάνω από μισό εκατομμύριο άνθρωποι έχουν διαβήτη παγκοσμίως, πράγμα που σημαίνει ότι πάνω από το 10,5% του ενήλικου πληθυσμού του κόσμου πάσχει πλέον από αυτή την πάθηση [4, 5]. Τα άτομα που πάσχουν από ΣΔ2 αδυνατούν να διατηρήσουν σταθερή τη θερμοκρασία του σώματος καθώς διαταράσσεται η ομοιόσταση τους με αποτέλεσμα να συσσωρεύουν περισσότερη θερμότητα στο σώμα είτε σε κατάσταση ηρεμίας ή κατά την διάρκεια σωματικής δραστηριότητας [4]. Συνδυαστικά με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής η χρόνια έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες συμβάλλει στη δυσλειτουργία θερμορυθμιστικών μηχανισμών όπως η εφίδρωση, η αυξημένη καρδιακή παροχή και η ανακατανομή της ροής αίματος στο σώμα [6]. Ακόμη, η δυσλειτουργία των ιδρωτοποιών αδένων και των μηχανισμών αγγειοδιαστολής θεωρείται ότι συμβάλει στην εξασθένηση της θερμορύθμισης [7]. Παράλληλα, επηρεάζεται η δράση της ινσουλίνης στο ανθρώπινο σώμα, αυξάνοντας τον κίνδυνο για υπεργλυκαιμία ιδιαίτερα σε άτομα με προϋπάρχουσα διαβητική επιβάρυνση [8].

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξεταστεί η μεταβολή της θερμοκρασίας του πυρήνα σώματος κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης σε θερμό περιβάλλον σε διαφορετικές εντάσεις σε άτομα που πάσχουν από ΣΔ2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Θερμορύθμιση

Η θερμορύθμιση είναι ο βασικός μηχανισμός της ομοιόστασης μέσω του οποίου ο ανθρώπινος οργανισμός διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του πυρήνα (στους 37°C) μέσω θερμορυθμιστικών μηχανισμών όπως η εφίδρωση, η αυξημένη καρδιακή παροχή και η ανακατανομή της ροής αίματος στο σώμα, ενάντια στις προκλήσεις του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Για να διατηρείται ένα σταθερό συνολικό θερμικό περιεχόμενο και ταυτόχρονα μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία σώματος, θα πρέπει η εισροή θερμότητας να εξισορροπείται από την εκροή θερμότητας [9]. Κύριο ρόλο στο κομμάτι της θερμορύθμισης παίζει ο υποθάλαμος, ο οποίος αποτελεί το κυρίαρχο ρυθμιστικό κέντρο της θερμικής ομοιόστασης λειτουργώντας σαν βιολογικός «θερμοστάτης»[10, 11]. Ο υποθάλαμος συντονίζει την ισορροπία μεταξύ της παραγόμενης και της αποβαλλόμενης θερμότητας μέσω πληροφοριών που λαμβάνει από τους θερμοϋποδοχείς - θερμοαισθητήρες, οι οποίοι διακρίνονται σε κεντρικούς και περιφερειακούς. Οι περιφερειακοί θερμοϋποδοχείς εντοπίζονται στο δέρμα ενώ οι κεντρικοί βρίσκονται στα σπλάχνα, στον νωτιαίο μυελό και στον υποθάλαμο[10, 11]. Όταν ανιχνευθεί αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα ο οργανισμός ενεργοποιεί μηχανισμούς αποβολής θερμότητας όπως η ενεργοποίηση των ιδρωτοποιών αδένων μέσω συμπαθητικών χολινεργικών ινών, οδηγώντας σε εφίδρωση και απώλεια θερμότητας μέσω της εξάτμισης από την επιφάνεια του δέρματος και την αύξηση της αιματικής ροής στο δέρμα στοχεύοντας στην αποβολή της περίσσειας θερμότητας [9]. Όσο μεγαλύτερη είναι η αιματική ροή από τον πυρήνα προς το δέρμα, τόσο περισσότερο η θερμοκρασία του δέρματος προσεγγίζει την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος. Υπό αυτές τις συνθήκες η εφίδρωση αποτελεί το μόνο τρόπο αποβολής θερμότητας [9]. Παράλληλα, αναστέλλεται η συμπαθητική αγγειοσυσπαστική δραστηριότητα, προκαλώντας αγγειοδιαστολή στα αιμοφόρα αγγεία του δέρματος και

αύξηση της ροής αίματος στο δέρμα, ενισχύοντας περαιτέρω την απώλεια της θερμότητας για την ομοιόσταση του σώματος. [10]

2.2 Αερόβια άσκηση σε θερμό περιβάλλον

Η αερόβια άσκηση σε υψηλές περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο ανθρώπινο σώμα προκαλώντας θερμική καταπόνηση και διαταραχή στους μηχανισμούς ομοιόστασης και θερμορύθμισης[12]. Η παρατεταμένη άσκηση κάτω από τέτοιες συνθήκες οδηγεί σε μεταβολή στη θερμοκρασία πυρήνα του σώματος ενώ η έντονη εφίδρωση που ενεργοποιείται για την απώλεια της πλεονάζουσας θερμότητας προκαλεί απώλεια υγρών, οδηγώντας σε αφυδάτωση[13] .

Η αερόβια άσκηση σε ζεστό περιβάλλον προκαλεί έντονες φυσιολογικές αποκρίσεις, οι οποίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση της άσκησης. Κατά την άσκηση υψηλής έντασης σε ζεστό περιβάλλον (70-90% VO_{2max}), παρατηρείται ταχεία και υψηλή αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος, η οποία οδηγεί σε αυξημένη εφίδρωση[13, 14]. Όλα αυτά περιορίζουν την αντοχή και αυξάνουν τον κίνδυνο θερμικής εξάντλησης. Κατά την διάρκεια μιας μέτριας έντασης άσκησης (περίπου στο 50-70% VO_{2max}), η αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα σώματος αυξάνεται με πιο ελεγχόμενο ρυθμό [13, 15]. Τέλος, ακόμη και σε χαμηλής έντασης αερόβιας άσκησης (<50% VO_{2max}) σε θερμό περιβάλλον, παρατηρείται σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα σώματος καθώς υπάρχουν παράγοντες που την επηρεάζουν σημαντικά όπως η υγρασία του περιβάλλοντος και η αφυδάτωση[16, 17].

2.3 Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 2

Ο σακχαρώδης διαβήτης είναι μια μεταβολική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από υπεργλυκαιμία, δηλαδή αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, που προκύπτει είτε από ανεπαρκή έκκριση ινσουλίνης ή μειωμένη δράση της ινσουλίνης ή και από τα δύο[18, 19].

Ο σακχαρώδης διαβήτης διακρίνεται σε δύο κατηγορίες :α) τον σακχαρώδη διαβήτη τύπου

1 και β) τον σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 αποτελεί την πιο συχνή μορφή διαβήτη καθώς ευθύνεται για περίπου το 90% όλων των περιπτώσεων διαβήτη. Χαρακτηρίζεται ως μια χρόνια μεταβολική διαταραχή που σχετίζεται με αντίσταση στην ινσουλίνη ή/και την ανεπαρκή έκκριση της ινσουλίνης από τα β παγκρεατικά κύτταρα [20]. Ο σακχαρώδης διαβήτης προκαλεί με μια σειρά επιπλοκών, οι οποίες επηρεάζουν τόσο τα μικρά όσο και τα μεγάλα αιμοφόρα αγγεία. Οι μικροαγγειακές επιπλοκές αφορούν βλάβες στα μικρά αιμοφόρα αγγεία και εκδηλώνονται κυρίως ως διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, που οδηγεί σε σοβαρά προβλήματα στα μάτια, διαβητική νεφροπάθεια, που επηρεάζει τους νεφρούς και μπορεί να δημιουργήσει νεφρική ανεπάρκεια και διαβητική νευροπάθεια που προκαλεί διαταραχές στο αυτόνομο νευρικό σύστημα. Σε αντίθεση, οι μακροαγγειακές επιπλοκές αφορούν βλάβες στις μεγάλες αρτηρίες και μπορούν να εκδηλωθούν ως στεφανιαία νόσο, ως αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο και περιφερική αρτηριακή νόσο προκαλώντας προβλήματα κυρίως στα κάτω άκρα του ανθρώπινου σώματος[21] .

2.4 Θερμορύθμιση και σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2

Η ικανότητα του ανθρώπινου οργανισμού να διατηρεί την θερμική ομοιόσταση επηρεάζεται σημαντικά από την παρουσία μεταβολικών νοσημάτων, όπως είναι ο σακχαρώδης διαβήτης. Τα άτομα που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 παρουσιάζουν δυσλειτουργίες στο θερμορυθμιστικό τους σύστημα, οι οποίες ενδέχεται να αυξήσουν σημαντικά τον κίνδυνο θερμικής καταπόνησης και σχετιζόμενων παθολογικών διαταραχών. Χαρακτηρίζονται από μειωμένη ικανότητα αποβολής θερμότητας σε ηρεμία ή/και κατά την σωματική δραστηριότητα σε θερμό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να συσσωρεύουν μεγαλύτερες ποσότητες θερμικής ενέργειας καθιστώντας τους ευάλωτους σε θερμικό στρες[6]. Η μειωμένη ικανότητα για θερμική ομοιόσταση φαίνεται να είναι αποτέλεσμα συνδυασμού αγγειακής δυσλειτουργίας και δυσλειτουργίας εφίδρωσης.

Συγκεκριμένα, εμφανίζεται μειωμένη μικροαγγειακή αντιδραστικότητα, γεγονός που αποτυπώνεται στη μείωση της τοπικής αγγειοδιαστολής του δέρματος. Κατά τη διάρκεια θερμικής καταπόνησης, η ιδρωτική απόκριση είναι εμφανώς μειωμένη, γεγονός που οφείλεται κυρίως σε ελαττωμένη θερμοευαισθησία, σε χαμηλότερο πλάτο του ρυθμού εφίδρωσης και σε ανεπαρκή ενεργοποίηση των ιδρωτοποιών αδένων, ακόμη και σε παρουσία έντονων θερμικών ερεθισμάτων [4]. Το σώμα επομένως αδυνατεί να απομακρύνει την παραγόμενη θερμότητα, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα καθ' όλη την διάρκεια της άσκησης σε θερμικό στρες [4]. Οι δυσλειτουργίες αυτές αποτελούν κρίσιμο παράγοντα κινδύνου σε καταστάσεις παρατεταμένης άσκησης ή παθητικής έκθεσης σε υψηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες.

2.5 Θερμοκρασία Πυρήνα Σώματος

Κατά την άσκηση σε ζεστό περιβάλλον, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος αυξάνεται σημαντικά, γεγονός που αυξάνει το θερμικό φορτίο και ενεργοποιεί τους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς του οργανισμού[22]. Ο κύριος μηχανισμός αποβολής θερμότητας είναι η εξάτμιση του ιδρώτα , μέσω της οποίας επιτυγχάνεται ψύξη του σώματος και διατήρηση της θερμοκρασίας του πυρήνα σε ασφαλή επίπεδα. Ωστόσο, αυτή η θερμορυθμιστική απόκριση συνοδεύεται από απώλεια υγρών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση. Ακόμη και σε μέτρια επίπεδα αφυδάτωσης είναι ικανά να καταστείλουν τόσο την σωματική ικανότητα όσο και την ανοχή στο θερμό στρες[23].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Κριτήρια συμμετοχής

Η παρούσα πτυχιακή εργασία τελεί υπό την έγκριση της Επιτροπής Βιοηθικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με αριθμό πρωτοκόλλου 2570 . Η επιλογή των συμμετεχόντων βασίστηκε στα εξής κριτήρια:

A. Άνδρες και γυναίκες με διαγνωσμένο σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2, και

B. Άνδρες και γυναίκες, χωρίς ιστορικό σακχαρώδη διαβήτη 2.

Προϋπόθεση για τη συμμετοχή στην έρευνα αποτέλεσε η υπογραφή εντύπου συναίνεσης, το οποίο περιελάμβανε αναλυτική παρουσίαση του σκοπού, της μεθοδολογίας και των διαδικασιών της μελέτης, διασφαλίζοντας την πλήρη ενημέρωση και συγκατάθεση των συμμετεχόντων.

3.2 Δείγμα

Το δείγμα της παρούσας μελέτης περιλάμβανε συνολικά 19 άτομα, εκ των οποίων 10 ήταν γυναίκες και 9 άνδρες. Η μέση ηλικία των ανδρών ήταν $64,67 \pm 6,8$ και των γυναικών $64 \pm 6,7$.Οι συμμετέχοντες κατανεμήθηκαν σε δύο ομάδες: α) άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 και β) άτομα χωρίς σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά που αναγράφονται στον **Πίνακα 1**. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν συμμετείχε σε οργανωμένο ή συστηματικό πρόγραμμα φυσικής δραστηριότητας κατά το χρονικό διάστημα πριν την ένταξή του στη μελέτη.

Πίνακας 1: Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος ($MO \pm TA$).

Ομάδα	n	Ηλικία $\pm$ TA (έτη)	Βάρος $\pm$ TA (kg)	Ύψος $\pm$ TA (cm)	$\Delta M \Sigma \pm TA$ (kg·m-2)
Διαβήτης	11	65,91 $\pm$ 6,98	77,96 $\pm$ 11,35	169,18 $\pm$ 11,35	$\pm$ 27,48 $\pm$ 6,67
Μη διαβήτης	8	62,12 $\pm$ 5,90	76,91 $\pm$ 11,01	162,75 $\pm$ 4,44	29,02 $\pm$ 3,91
Σύνολο	19	64,32 $\pm$ 6,76	77,52 $\pm$ 14,21	166,47 $\pm$ 9,59	28,13 $\pm$ 5,68

3.3 Πειραματικό πρωτόκολλο

Κατά τη πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο, οι συμμετέχοντες έλαβαν αναλυτική λεκτική περιγραφή σχετικά με το πειραματικό πρωτόκολλο, τις διαδικασίες που θα ακολουθήσουν, καθώς και τα μέσα συλλογής δεδομένων. Όλοι οι εθελοντές κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν ένα πρωτόκολλο άσκησης σε θερμό περιβάλλον το οποίο περιλάμβανε 3 φάσεις ποδηλάτησης σε καθιστό ποδήλατο (Εικόνα 2):

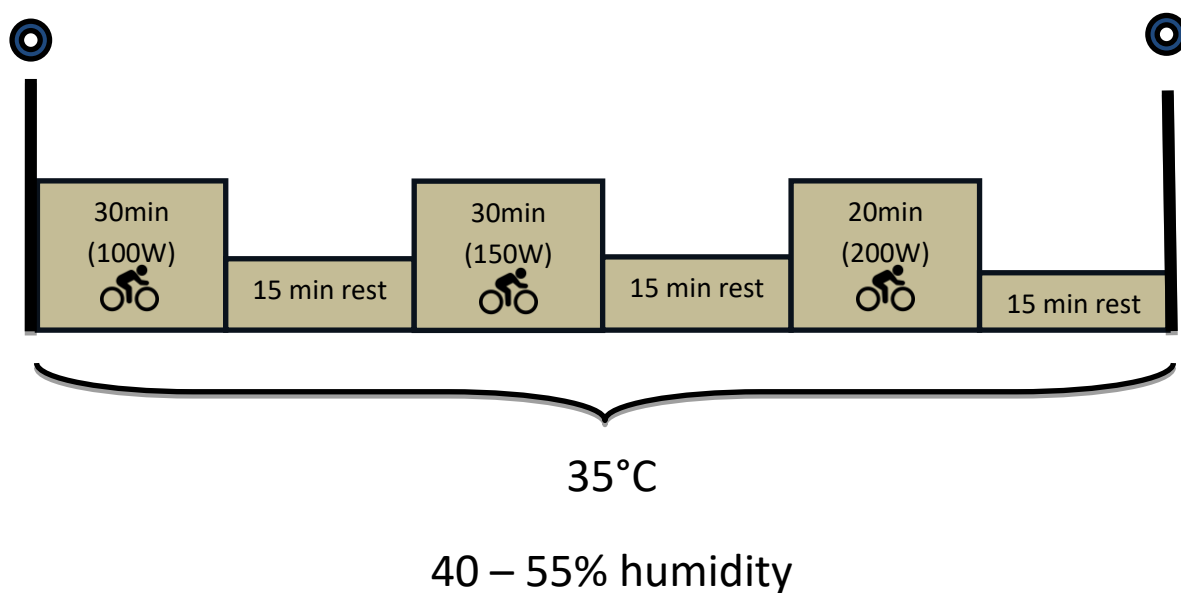
- 1^η φάση: 30 λεπτά άσκηση σε ένταση που αντιστοιχούσε σε 100W/m² παραγωγής θερμότητας,
- 2^η φάση: 30 λεπτά άσκηση σε ένταση που αντιστοιχούσε σε 150W/m² παραγωγής θερμότητας,
- 3^η φάση: 20 λεπτά άσκηση σε ένταση που αντιστοιχούσε σε 200W/m² παραγωγής θερμότητας,

Μετά από την κάθε δοκιμασία ποδηλάτησης μεσολαβούσε ένα διάλειμμα των 15 λεπτών ξεκούρασης (Εικόνα 3).

Εικόνα 2: Καθιστό κυκλοεργόμετρο



Εικόνα 3: Πειραματικό Πρωτόκολλο



Το πρωτόκολλο άσκησης πραγματοποιήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένο περιβαλλοντικό θάλαμο με θερμοκρασία 35°C και σχετική υγρασία 40-55%. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία παρέμειναν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας άσκησης. Σε όλους τους συμμετέχοντες είχε δοθεί οδηγία να είναι νηστικοί για τουλάχιστον 3 ώρες και να έχουν αποφύγει την κατανάλωση αλκοόλ και καφέ.

3.4 Μετρήσεις

3.4.1 Σπλαχνική Θερμοκρασία (θερμοκρασία πυρήνα, ΘΠ)

Η σπλαχνική θερμοκρασία μετρήθηκε με την χρήση μίας τηλεμετρικής κάψουλας, Εικόνα 4, (BodyCap) η οποία είναι αβλαβής και απομακρύνεται από το πεπτικό σύστημα εντός 48 ωρών από την στιγμή της κατάποσης. Η κάψουλα έχει μήκος 2 cm και διάμετρο 1.2 cm . Αποτελείται από ένα ευαίσθητο στην θερμοκρασία ταλαντωτή χαλαζία και μία ασημένια μπαταρία οξειδίου καλυπτόμενη με λάστιχο σιλικόνης. Αυτός ο αισθητήρας μεταδίδει ένα συνεχές χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα, τα οποία μεταβάλλονται με την θερμοκρασία. Τα σήματα αυτά λαμβάνονται και αποθηκεύονται στον δέκτη δεδομένων και εν συνεχεία μεταφέρονται στον υπολογιστή.

Εικόνα 4. Όργανα Μέτρησης



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Στατιστική ανάλυση

Το ελάχιστο απαιτούμενο μέγεθος δείγματος για την πραγματοποίηση της μελέτης υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα G*power (έκδοση 3.1.9.2). Για να εξεταστούν αν τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή πραγματοποιήθηκε το τεστ κανονικής κατανομής Kolmogorov-Smirnov. Στη συνέχεια για να εξεταστούν εάν υπήρχαν διαφορές στην θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ των 2 ομάδων κατά τη διάρκεια ολόκληρου του πρωτοκόλλου αλλά και μεταξύ των 3 διαφορετικών εντάσεων του πρωτοκόλλου χρησιμοποιήθηκε το t-test για ανεξάρτητα δείγματα (independent samples t-test). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό πακέτο IBM SPSS Statistics Version 27.

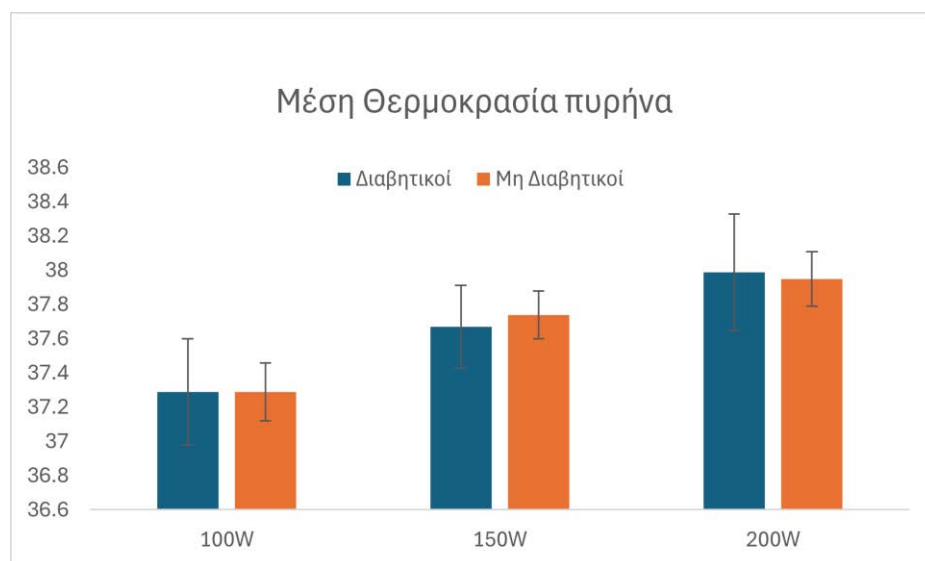
4.2 Αποτελέσματα - Διαφορές στη μέση θερμοκρασία πυρήνα του σώματος

Χρησιμοποιήθηκε T-test για να ερευνηθεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ διαβητικών και μη διαβητικών στη μέση θερμοκρασία πυρήνα κατά την διάρκεια σωματικής άσκησης όλου του πρωτοκόλλου. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ των δυο ομάδων με $t(55) = -0,527$, $p > 0,05$. Οι διαβητικοί είχαν μεταβολή θερμοκρασίας $(37,60 \pm 0,45)$ και οι μη διαβητικοί $(37,66 \pm 0,32)$.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν T-test για να ερευνηθούν εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ διαβητικών και μη διαβητικών κατά την διάρκεια των 3 διαφορετικών εντάσεων σωματικής άσκησης με αντίστοιχη παραγωγή θερμότητας στα 100W, 150W και 200W. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ των

δυο γκρουπ κατά την άσκηση έντασης ίση με 100W παραγωγής θερμότητας σώματος με $t(17) = -0,747$, $p > 0,05$. Οι διαβητικοί είχαν μέση θερμοκρασία πυρήνα $37,29 \pm 0,31$ ενώ οι μη διαβητικοί $37,29 \pm 0,17$. Επίσης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ των δυο γκρουπ κατά την άσκηση έντασης ίση με 150W παραγωγής θερμότητας σώματος με $t(17) = -1,102$, $p > 0,05$. Οι διαβητικοί είχαν μέση θερμοκρασία πυρήνα $37,67 \pm 0,24$ και οι μη διαβητικοί $37,74 \pm 0,14$. Τέλος, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ των δυο γκρουπ στα 200W παραγωγής θερμότητας με $t(17) = 0,267$, $p > 0,05$. Οι διαβητικοί είχαν μέση θερμοκρασίας $37,99 \pm 0,34$ και οι μη διαβητικοί $37,95 \pm 0,16$. Στο γράφημα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέσοι όροι της θερμοκρασίας πυρήνα στις 2 ομάδες κατά των 3 διαφορετικών εντάσεων παραγωγής θερμότητας.

Γράφημα1: Μέσοι Όροι Θερμοκρασίας Πυρήνα



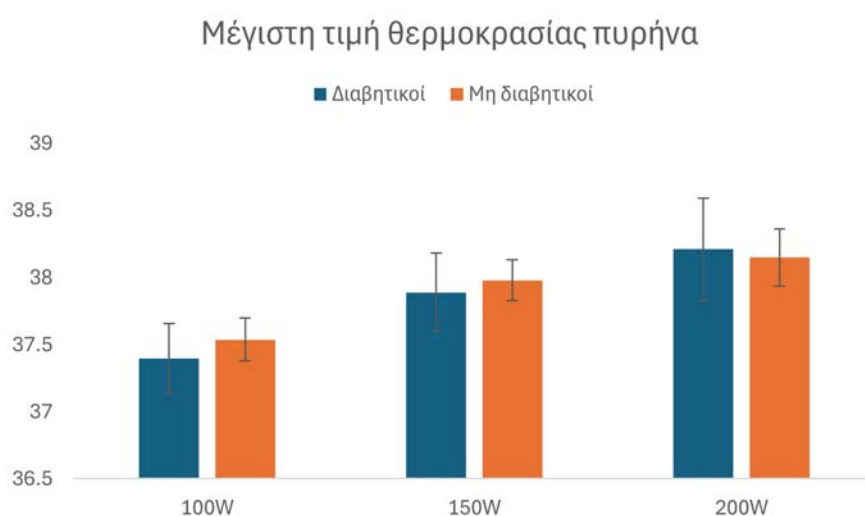
4.3 Αποτελέσματα - Διαφορές στη μέγιστη τιμή θερμοκρασίας πυρήνα του σώματος

Χρησιμοποιήθηκε T-test για να ερευνηθεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ διαβητικών και μη διαβητικών στη μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας πυρήνα κατά την

διάρκεια όλου του πρωτοκόλλου. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση θερμοκρασία πυρήνα μεταξύ των δυο γκρουπ $t(54,8) = -0,554$, $p > 0,05$.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν T-test για να ερευνηθούν εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας πυρήνα μεταξύ διαβητικών και μη διαβητικών κατά την διάρκεια των 3 διαφορετικών εντάσεων σωματικής άσκησης με αντίστοιχη παραγωγή θερμότητας στα 100W, 150W και 200W. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέγιστη τιμή θερμοκρασίας πυρήνα μεταξύ των δυο γκρουπ κατά την άσκηση έντασης ίση με 100W παραγωγής θερμότητας σώματος με $t(17) = -1,413$, $p < 0,05$. Επίσης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέγιστη τιμή θερμοκρασίας πυρήνα μεταξύ των δυο γκρουπ κατά την άσκηση έντασης ίση με 150W και 200W παραγωγής θερμότητας σώματος με $t(17) = -0,815$, $p > 0,05$ και $t(17) = 0,365$, $p > 0,05$ αντίστοιχα (Γράφημα 2).

Γράφημα2: Μέγιστη τιμή θερμοκρασίας πυρήνα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο κύριος σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση πιθανών διαφορών στη θερμοκρασία πυρήνα του σώματος μεταξύ ατόμων με και χωρίς ΣΔ2 κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης σε θερμό περιβάλλον. Η υπόθεση ότι ο σακχαρώδης διαβήτης, λόγω των επιπλοκών που επιφέρει στην θερμορυθμιστική λειτουργία, ενδέχεται να οδηγεί σε αυξημένη θερμική καταπόνηση και θερμικό στρες, αποτέλεσε τη βάση του ερευνητικού σχεδίου. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα της μελέτης προκύπτει πως δεν υπήρχε κάποια στατιστική σημαντική διαφορά στην θερμοκρασία του πυρήνα σώματος μεταξύ των δυο ομάδων. Η διαπίστωση αυτή ενδεχομένως υποδεικνύει ότι τουλάχιστον υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες, τόσο της έντασης της άσκησης αλλά και του θερμικού φορτίου, τα άτομα με ΣΔ2 διατήρησαν την ικανότητα εσωτερικής θερμορύθμισης τους σε παρόμοιο βαθμό με τα άτομα χωρίς ΣΔ2.

Αν και ο διαβήτης επηρεάζει την ικανότητα θερμορύθμισης μέσω της μειωμένης αγγειοδιαστολής και της εφίδρωσης[4], η επίδραση της πάθησης στην θερμοκρασία πυρήνα σώματος φαίνεται να είναι περιορισμένη υπό τις συνθήκες που μελετήθηκαν. Αρκετές μελέτες αναφέρουν μεγαλύτερη θερμική καταπόνηση και μειωμένη αποβολή θερμότητας στα θερμά περιβάλλοντα, αλλά οι διαφορές στην θερμοκρασία πυρήνα παραμένουν συχνά μη στατιστικά σημαντικές[6]. Ένας βασικός περιορισμός της έρευνας αποτέλεσε το μικρό μέγεθος δείγματος, το οποίο ενδέχεται να μην επαρκεί για την απόδειξη υπαρκτών διαφορών, καθώς δεν λήφθηκε υπόψη και η μεταβλητή του φύλου που ενδέχεται να επηρεάζει τις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις.

Για την ενίσχυση έγκυρων αποτελεσμάτων, μελλοντικές έρευνες προτείνεται να περιλαμβάνουν μεγαλύτερο δείγμα συμμετεχόντων, καθώς και πιο λεπτομερή καταγραφή παραγόντων που σχετίζονται με τους συμμετέχοντες. Επίσης, η αξιολόγηση της θερμοκρασίας πυρήνα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί υπό διαφορετικές θερμικές

συνθήκες ή καταστάσεις σωματικής άσκησης, ενώ η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή παρόμοιων πειραματικών πρωτοκόλλων, θα μπορούσε να αποκαλύψει υποκειμενικές διαφορές. Τέλος η συστηματική μελέτη των μηχανισμών της θερμορύθμισης σε άτομα με ΣΔ2 έχει πρακτική σημασία, καθώς μπορεί να συμβάλει τόσο στην πρόληψη θερμικών επεισοδίων όσο και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Campbell-Lendrum, D., et al., *Climate change and health: three grand challenges*. Nat Med, 2023. **29**(7): p. 1631-1638.
2. Khraishah, H. and S. Rajagopalan, *Inhaling Poor Health: The Impact of Air Pollution on Cardiovascular Kidney Metabolic Syndrome*. Methodist Debaque Cardiovasc J, 2024. **20**(5): p. 47-58.
3. Romanello, M., et al., *The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms*. Lancet, 2023. **402**(10419): p. 2346-2394.
4. Kenny, G.P., R.J. Sigal, and R. McGinn, *Body temperature regulation in diabetes*. Temperature (Austin), 2016. **3**(1): p. 119-45.
5. Sun, H., et al., *IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045*. Diabetes Res Clin Pract, 2022. **183**: p. 109119.
6. Kenny, G.P., et al., *Older adults with type 2 diabetes store more heat during exercise*. Med Sci Sports Exerc, 2013. **45**(10): p. 1906-14.
7. Rutkove, S.B., et al., *Impaired distal thermoregulation in diabetes and diabetic polyneuropathy*. Diabetes Care, 2009. **32**(4): p. 671-6.
8. Johnson, R.J., et al., *Metabolic and Kidney Diseases in the Setting of Climate Change, Water Shortage, and Survival Factors*. J Am Soc Nephrol, 2016. **27**(8): p. 2247-56.
9. LAURALEE, S., *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ*. 2016: ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ.
10. Osilla, E.V., et al., *Physiology, Temperature Regulation*, in StatPearls. 2025: Treasure Island (FL).
11. Tansey, E.A. and C.D. Johnson, *Recent advances in thermoregulation*. Adv Physiol Educ, 2015. **39**(3): p. 139-48.
12. Alexis A Matias 1 2, I.F.A., Leah Glickman 1, Peter A Califano 1, Justin M Faller 1, Gwenaél Layec 2 3, Stephen J Ives 4, *Impact of high intensity interval exercise with and without heat stress on cardiovascular and aerobic performance: a pilot study*. 2023.
13. Periard, J.D., T.M.H. Eijssvogels, and H.A.M. Daanen, *Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies*. Physiol Rev, 2021. **101**(4): p. 1873-1979.
14. Samuel N Cheuvront 1, R.W.K., *Dehydration: physiology, assessment, and performance effects*. 2014.
15. Criddle, J.L., et al., *Physiological response to exercise in the heat: Implications for risk mitigation and adaptation*. Temperature (Austin), 2025. **12**(1): p. 71-84.
16. Vargas, N.T., et al., *Thermal Behavior Augments Heat Loss Following Low Intensity Exercise*. Int J Environ Res Public Health, 2019. **17**(1).
17. Maresh, C.M., et al., *Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat*. J Appl Physiol (1985), 2004. **97**(1): p. 39-44.
18. *Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus* 2010.
19. Antar, S.A., et al., *Diabetes mellitus: Classification, mediators, and complications; A gate to identify potential targets for the development of new effective treatments*. Biomed Pharmacother, 2023. **168**: p. 115734.
20. Taylor, J., *Type 2 Diabetes: Etiology and reversibility*. 2013.
21. Richard Donnelly, A.M.E.-S., Iain D Gardner, Andrew D Morris, *Vascular complications of diabetes*. 2000.

22. Gonzalez-Alonso, J., et al., *Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat*. J Appl Physiol (1985), 1999. **86**(3): p. 1032-9.
23. Cheuvront, S.N., et al., *Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration*. J Appl Physiol (1985), 2010. **109**(6): p. 1989-95.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Καρνεί, 42100 Τρίκαλα

e-mail: g-pe@pe.uth.gr



Εσωτερική Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας

Τρίκαλα: 2.4.2025

Αριθμ. Πρωτ.: 2570

Βεβαίωση έγκρισης της πρότασης για διεξαγωγή έρευνας με τίτλο: Μεταβολή Θερμοκρασίας Πυρήνα κατά την Άσκηση σε Θερμό Περιβάλλον σε Ασθενείς με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2

Επιστημονικώς υπεύθυνος-η / επιβλέπων-ουσα: Φλουρής Ανδρέας

Ιδιότητα: Καθηγητής

Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα: ΤΕΦΑΑ

Κύριος ερευνητής-τρια / φοιτητής-τρια: Φρόση Περσεφόνη

Πρόγραμμα Σπουδών: Προπτυχιακό

Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα: ΤΕΦΑΑ

Η προτεινόμενη έρευνα θα είναι: Πτυχιακή εργασία

Τηλ. επικοινωνίας: Αφαίρεση προσωπικών δεδομένων (Υπηρεσία Βιβλιοθήκης &
Email επικοινωνίας: Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

Η Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τ.Ε.Φ.Α.Α., Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μετά την υπ.

Αριθμ. 1-15/2.4.2025 συνεδρίασή της εγκρίνει τη διεξαγωγή της προτεινόμενης έρευνας.

Ο Πρόεδρος της
Εσωτερικής Επιτροπής Βιοηθικής και
Δεοντολογίας

Τσιόκανος Αθανάσιος
Καθηγητής