



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΚΙΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (0715023)

ΤΙΤΛΟΣ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ
ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΛΙΤ ΑΘΛΗΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΣΙΑΣ**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΑΝΔΡΕΑΣ ΦΛΟΥΡΗΣ

2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	5
ΣΚΟΠΟΣ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	7
ΔΕΙΓΜΑ.....	7
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ	7
ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	9
ΔΕΙΓΜΑ ΟΥΡΩΝ.....	9
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	9
ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ.....	10
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΓΡΩΝ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	12
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΥΡΗΝΑ (Θ_{Π})	12
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ (Θ_{Δ}).....	14
ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΚΣ).....	15
ΧΡΟΝΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ	17
ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	20

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Συντομογραφία	Επεξήγηση
ΔΜΣ	Δείκτης Μάζας Σώματος
ΕΒΟ	Ειδικό Βάρος Ούρων
ΕΣ	Επιφάνεια Σώματος
Θ _Δ	Θερμοκρασία Δέρματος
Θ _Π	Θερμοκρασία Πυρήνα
ΚΣ	Καρδιακή Συχνότητα
ΜΟ	Μέσος Όρος
ΠΑ	Περίοδος Αποκατάστασης
ΠΠ	Περίοδος Προθέρμανσης
ΠΠΑ	Πρωτόκολλο Προσομοίωσης Αγώνα
ΤΑ	Τυπική Απόκλιση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αθλητική απόδοση, στα αθλήματα παρατεταμένης διάρκειας, επηρεάζεται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμά περιβάλλοντα προκαλείται αφυδάτωση εξαιτίας του αυξημένου ρυθμού εφίδρωσης που οδηγεί σε μείωση του όγκου πλάσματος, άρα και των συνολικών υγρών στο σώμα. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξεταστεί η επίδραση των διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών στην αθλητική απόδοση και την υγεία των αθλητών. Είκοσι-δύο υγιείς μη-καπνιστές αθλητές ποδηλασίας (ηλικία: 33 ± 9.8 έτη; βάρος: 77.0 ± 9.3 kg; ύψος: 179.1 ± 7.7 cm) εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο προσομοίωσης αγώνα 30χλμ σε κυκλοεργόμετρο σε ένα από τρία διαφορετικά περιβάλλοντα [κρύο (11°C), θερμο-ουδέτερο (22°C) και θερμό (34°C)]. Η σχετική υγρασία (56%), η ηλιακή ακτινοβολία ($800\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) και η ταχύτητα αέρα ($5.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) παρέμειναν σταθερές και στα τρία περιβάλλοντα. Στην αρχή και το τέλος του πειραματικού πρωτοκόλλου αξιολογήθηκε το ειδικό βάρος ούρων. Κατά την διάρκεια του πρωτοκόλλου μετρήθηκε η καρδιακή συχνότητα, η μέση θερμοκρασία δέρματος, η θερμοκρασία πυρήνα σώματος και η κατανάλωση υγρών. Οι αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα σε $55'21'' \pm 03'09''$ στο κρύο, σε $59'09'' \pm 08'05''$ στο θερμο-ουδέτερο και σε $60'46'' \pm 03'27''$ στο θερμό περιβάλλον. Ανάλυση μεγέθους επίδρασης έδειξε ότι ο χρόνος τερματισμού στο κρύο περιβάλλον ήταν σημαντικά μειωμένος σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο ($d=0.56$) και το θερμό ($d=1.52$) περιβάλλον. Η θερμοκρασία δέρματος ήταν σημαντικά μειωμένη στο κρύο περιβάλλον ($28.42 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$) σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο ($33.22 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$) και το θερμό περιβάλλον ($36.60 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$) ($p < 0.01$). Η θερμοκρασία πυρήνα σώματος ήταν στατιστικά σημαντικά αυξημένη κατά την διάρκεια της προσομοίωσης αγώνα στο θερμό περιβάλλον ($38.07 \pm 0.11^{\circ}\text{C}$) σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο ($36.77 \pm 0.11^{\circ}\text{C}$) και το κρύο περιβάλλον ($36.43 \pm 0.11^{\circ}\text{C}$), ($p < 0.01$). Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι η αθλητική απόδοση μειώνεται σημαντικά στα θερμά περιβάλλοντα λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών δέρματος και πυρήνα σώματος, ενώ αντίθετα για την βελτιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης προτείνονται τα κρύα περιβάλλοντα.

Λέξεις κλειδιά: Περιβάλλον, θερμοκρασία, κρύο, θερμο-ουδέτερο, θερμό, απόδοση, ποδηλασία, προσομοίωση αγώνα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ορίζεται ως μια αντικειμενική συγκριτική μέτρηση μεταξύ ζεστού και κρύου. Το εύρος των θερμοκρασιών ενός περιβάλλοντος στο οποίο ένας υγιής άνθρωπος δεν χρειάζεται να μεταβάλει τον μεταβολικό ρυθμό του ορίζεται ως θερμο-ουδέτερη ζώνη περιβάλλοντος (Wikipedia: Thermal neutral zone, 2015). Ο ανθρώπινος οργανισμός, όπως και όλοι οι ομοιόθερμοι οργανισμοί, προκειμένου να προσαρμοστούν στις περιβαλλοντικές μεταβολές της θερμοκρασίας, έχουν αναπτύξει θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς ομοιόστασης (Romanovsky, 2007). Στο ανθρώπινο δέρμα υπάρχουν ειδικοί υποδοχείς (θερμοϋποδοχείς) που αντιλαμβάνονται την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Hardy, 1970; Hensel, 1981). Οι θερμοϋποδοχείς στο δέρμα στέλνουν σήματα μέσω των αισθητήριων νευρώνων (προσαγωγός νευρώνας) στον υποθάλαμο, όπου γίνεται η αντίληψη του ζεστού ή κρύου περιβάλλοντος (Kakitsuba, 2004). Ως αποτέλεσμα των σημάτων που στέλνονται στον υποθάλαμο, δραστικά κύτταρα προκαλούν αγγειοσυστολή ή και ρίγος στα κρύα περιβάλλοντα, και αγγειοδιαστολή ή και εφίδρωση στα θερμά περιβάλλοντα ώστε να επιτευχθεί η θερμοκή ομοιόσταση (Kakitsuba, 2004). Ο έλεγχος της θερμοκρασίας πυρήνα (Θ_Π) σώματος, δηλαδή η θερμοκρασία που αναπτύσσεται εσωτερικά στο σώμα, είναι πολύ σημαντικός καθώς είναι γνωστό ότι μια απόκλιση από το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας είναι πιθανό να υποδηλώνει κάποια παθολογική κατάσταση (Romanovsky, 2007). Σημαντική αύξηση (υπερθερμία) ή μείωση (υποθερμία) της Θ_Π μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή (Romanovsky, 2007).

Κατά τη διάρκεια άσκησης, ο ανθρώπινος οργανισμός δέχεται θερμότητα από το περιβάλλον με τους φυσικούς νόμους της ακτινοβολίας, της μεταφοράς και σε μικρότερο βαθμό με την αγωγή. Η ενέργεια που αποδίδεται από τις μεταβολικές διαδικασίες του σώματος μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και σε θερμότητα. Εκτιμάται ότι το 30-70% της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τη μυϊκή εργασία μετατρέπεται σε θερμότητα (Bangsbo, Krustup, González-Alonso, & Saltin, 2001; Edwards, Hill, & Jones, 1975; Krustup, González-Alonso, Quistorff, & Bangsbo, 2001). Η θερμότητα που απελευθερώνεται από τους μύες κατά τη κυτταρική αναπνοή μεταφέρεται προς τον πυρήνα του σώματος δια μέσου αγωγής της θερμότητας από τους ενεργούς μύες - στο αίμα και τους κοντινούς ιστούς (G. Kenny & Flouris, 2014; G. P. Kenny et al., 2006; G. P. Kenny et al., 2003). Επομένως, όσο ο μεταβολικός ρυθμός αυξάνεται, εμφανίζεται και ανάλογη αύξηση στην Θ_Π (G. P. Kenny et al., 2006; G. P. Kenny et al., 2003). Το γεγονός αυτό καθιστά δυσκολότερη τη διατήρηση της θερμοκής ομοιόστασης

κατά τη διάρκεια άσκησης, ειδικότερα σε θερμό περιβάλλον. Η υπερβολική παραγωγή θερμότητας κατά την άσκηση είναι καθοριστικός παράγοντας της συμπεριφοράς και της αντιλαμβανόμενης κόπωσης του ασκούμενου, επομένως και της απόδοσης (A. Flouris & Schlader, 2015).

Είναι γνωστό ότι το νερό χρησιμεύει σε πολλές λειτουργίες του οργανισμού όπως η χρήση του ως διαλύτης και διαχωριστικό μέσο των θρεπτικών συστατικών καθώς και τη μεταφορά τους προς διάφορους ιστούς του σώματος. Όπως προαναφέρθηκε, η αυξημένη θερμοκρασία του σώματος προκαλεί αύξηση της εφίδρωσης, προκειμένου να επιτευχθεί θερμική ομοίωση. Αν δεν γίνει αναπλήρωση των χαμένων υγρών, ο οργανισμός οδηγείται σε αφυδάτωση (Racinais et al., 2015). Ο ορισμός της αφυδάτωσης έχει δύο έννοιες, την κλινική αφυδάτωση και την αφυδάτωση κατά τη διάρκεια άσκησης (Thomas et al., 2008). Από προηγούμενες έρευνες, γνωρίζουμε ότι η αφυδάτωση ευθύνεται αφενός μεν στην εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων (Manz, 2007), αφετέρου δε στη μείωση της αθλητικής απόδοσης (Sawka et al., 2007). Η αφυδάτωση που προκαλείται κατά τη διάρκεια άσκησης οδηγεί στη μείωση του όγκου του πλάσματος, δηλαδή στη μείωση του συνολικού νερού στο ανθρώπινο σώμα, μειώνοντας έτσι τον ρυθμό εφίδρωσης και επομένως την απώλεια θερμότητας μέσω της εξάτμισης (Racinais et al., 2015). Για το λόγο αυτό απαιτείται ισορροπία μεταξύ της πρόσληψης και της απώλειας των υγρών στο σώμα (Sawka et al., 2007).

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθούν οι επιδράσεις διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών στις φυσιολογικές αποκρίσεις και σε παραμέτρους απόδοσης ελίτ αθλητών ποδηλασίας. Στην παρούσα έρευνα λοιπόν αξιολογήθηκε η μέση θερμοκρασία δέρματος (Θ_{Δ}), η Θ_{Π} , η καρδιακή συχνότητα, το ειδικό βάρος ούρων (EBO) και η αθλητική απόδοση μέσα από προσομοίωση αγώνα ποδηλασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΔΕΙΓΜΑ

Η παρούσα μελέτη εγκρίθηκε από την επιτροπή βιοηθικής του πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν 21 άντρες αθλητές ποδηλασίας, οι οποίοι χωρίστηκαν με τυχαίοποιημένο τρόπο στα εξής τρία γκρουπ: κρύο, θερμο-ουδέτερο και θερμό, με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά που αναγράφονται στον *Πίνακα 1*. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υψηλού επιπέδου αθλητές ποδηλασίας, υγιείς, μη καπνιστές και δεν ακολουθούσαν κάποια φαρμακευτική αγωγή κατά την περίοδο των μετρήσεων.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος (ΜΟ ± ΤΑ).

Γκρουπ	n	Ηλικία ± ΤΑ (έτη)	Βάρος ± ΤΑ (kg)	Ύψος ± ΤΑ (cm)	ΔΜΣ ± ΤΑ (kg·m ⁻²)	ΕΣ ± ΤΑ (m ²)
Κρύο	7	29 ± 10	73 ± 4	180 ± 5	22.5 ± 0.8	3.6 ± 0.3
Θερμο-ουδέτερο	7	37 ± 12	84 ± 11	180 ± 11	26.1 ± 1.8	4.2 ± 0.8
Θερμό	7	35 ± 4	74 ± 7	178 ± 5	23.5 ± 1.7	3.7 ± 0.4
Σύνολο	21	33 ± 10	77 ± 9	179 ± 8	24 ± 2.1	3.9 ± 0.1

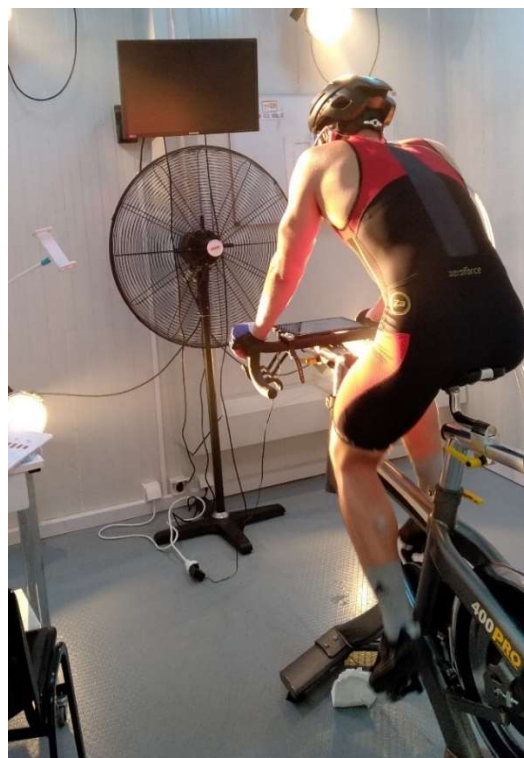
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

Κατά τη διάρκεια της πρώτης επίσκεψής στο εργαστήριο, δόθηκε στους συμμετέχοντες λεπτομερής λεκτική περιγραφή του πειραματικού πρωτοκόλλου με όλες τις διαδικασίες και τα μέσα συλλογής δεδομένων. Κάθε αθλητής καλέστηκε να εκτελέσει ένα πρωτόκολλο προσομοίωσης αγώνα (ΠΠΑ) 30km σε μέγιστη ένταση σε ένα από τα τρία περιβάλλοντα (Κρύο, Θερμό-ουδέτερο ή Θερμό). Οι μετρήσεις έγιναν υπό ελεγχόμενες συνθήκες, σε περιβαλλοντικό θάλαμο με θερμοκρασίες [Κρύο (11°C), Θερμο-ουδέτερο (22°C) και Θερμό (34°C)]. Η σχετική υγρασία (56%), ηλιακή ακτινοβολία (800W·m⁻²) και η ταχύτητα αέρα (5.1m·s⁻¹) παρέμειναν σταθερές και στα τρία περιβάλλοντα καθ' όλη την διάρκεια του πρωτοκόλλου. Πριν την εκτέλεση του ΠΠΑ οι εθελοντές πραγματοποίησαν μία περίοδο προσαρμογής 10 λεπτών, ακολούθησε μια περίοδος προθέρμανσης (ΠΠ) 15 λεπτών, έπειτα το

ΠΠΑ και τέλος μια περίοδος αποκατάστασης (ΠΑ) 10 λεπτών. Σε όλους τους συμμετέχοντες είχε δοθεί οδηγία να απέχουν από έντονη άσκηση για τουλάχιστον 24 ώρες πριν την εκτέλεση των μετρήσεων. Να καταναλώσουν ένα ελαφρύ γεύμα τουλάχιστον τρεις ώρες πριν την άφιξή τους στο εργαστήριο και μισή ώρα πριν να έχουν πιεί 500mL νερό, ώστε να έχει εξασφαλισθεί η σωστή ενυδάτωση τους. Κατά την άφιξη του κάθε συμμετέχοντα στο εργαστήριο, διεξήχθησαν οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις και η τοποθέτηση του κατάλληλου εξοπλισμού για την καταμέτρηση των θερμοκρασιών και της καρδιακής συχνότητας. Πριν και μετά το τέλος του πρωτόκολλου, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες ένα δείγμα ούρων προκειμένου να αξιολογηθεί το ειδικό βάρος των ούρων τους. Κατά την διάρκεια του πρωτόκολλου μετρήθηκε λεπτό προς λεπτό η καρδιακή συχνότητα, η Θ_{Δ} , η Θ_{Π} , και η συνολική κατανάλωση υγρών για κάθε συμμετέχοντα. Κάθε εθελοντής ήταν ελεύθερος να καταναλώσει όση ποσότητα νερού επιθυμούσε καθ' όλη τη διάρκεια του πρωτόκολλου.

Το ΠΠΑ πραγματοποιήθηκε σε κυκλοεργόμετρο (CycleOps 400 Pro Serie Indoor Cycle, Fitchburg, MA, USA), το οποίο ήταν συνδεδεμένο με το λογισμικό Rouvy (VirtualTraining, Vimperk, Czech Republic), επιτρέποντας την προσομοίωση της διαδρομής σε μία οθόνη υπολογιστή. Για την βέλτιστη προσομοίωση του αγώνα, οι συμμετέχοντες είχαν την δυνατότητα να βλέπουν και να ρυθμίζουν την ένταση (W) και τον ρυθμό (rpm) του κυκλοεργόμετρου καθ' όλη τη διάρκεια του ΠΠΑ (*Εικόνα 1*).

Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από το ΠΠΑ.



ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η συλλογή των δεδομένων ύψους και σωματικής μάζας πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τις συνήθεις τεχνικές και εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα, το σωματικό ανάστημα μετρήθηκε με την χρήση ενός σταδιόμετρου (Seca Appl. Sci. 2019, 9, 3170 9 of 20 213; Seca GmbH & Co. KG; Hamburg, Germany), ενώ για την μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά ακριβείας (Version 5.3 KERN & Sohn GmbH).

Οι τιμές του Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) και της Επιφάνειας Σώματος (ΕΣ) υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις του ύψους και της σωματικής μάζας με την χρήση εξισώσεων.

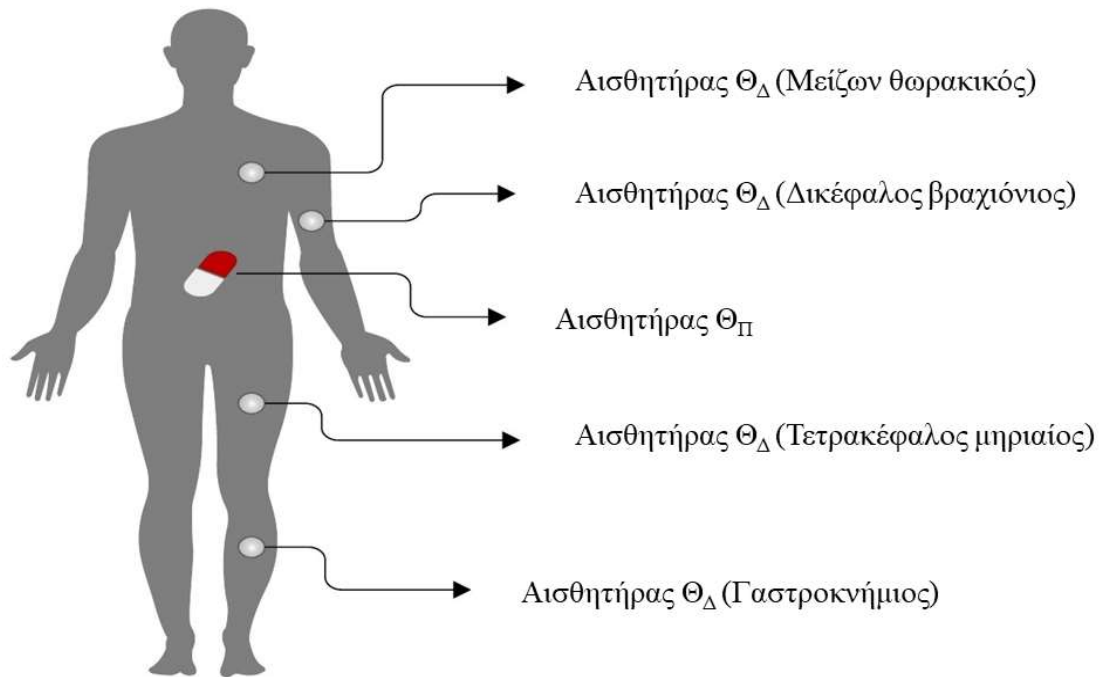
ΔΕΙΓΜΑ ΟΥΡΩΝ

Κάθε συμμετέχοντας πριν την είσοδό του στον περιβαλλοντικό θάλαμο, προκειμένου να αξιολογηθούν τα επίπεδα ενυδάτωσης στο σώμα του, έδινε ένα μικρό δείγμα ούρων (~10mL), το οποίο συλλέχθηκε σε ειδικό δοχείο συλλογής υγρών, και αναλύθηκε από τους ερευνητές με την βοήθεια ενός διαθλασόμετρου (PAL-10 S, Atago, Tokyo, Japan). Η ίδια ακριβώς ανάλυση του ΕΒΟ γινόταν και μετά το τέλος της ΠΑ.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Μετρήθηκαν η θερμοκρασία δέρματος (iButton, DS1921H, Maxim/Dallas Semiconductor Corp., USA) σε τέσσερα σημεία του σώματος (μείζων θωρακικός, δικέφαλος βραχιόνιος, τετρακέφαλος μηριαίος, γαστροκνήμιος) και η θερμοκρασία πυρήνα με βοήθεια μιας μικροκάψουλας (BodyCap, Caen, France). Η τοποθέτηση του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στην *Εικόνα 2*. Η Θ_{Δ} υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των θερμοκρασιών των τεσσάρων σημείων που ήταν τοποθετημένα τα καταγραφικά θερμοκρασίας. Δεδομένα θερμοκρασίας συλλέχθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του πρωτοκόλλου (ΠΠ, ΠΠΑ, ΠΑ).

Εικόνα 2. Σημεία τοποθέτησης αισθητήρων θερμοκρασίας.



ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Η συλλογή δεδομένων καρδιακής συχνότητας (ΚΣ) έγινε με τη χρήση παλμογράφου (H7, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) που παρείχε δεδομένα καρδιακής συχνότητας λεπτό προς λεπτό καθ' όλη τη διάρκεια του πρωτόκολλου.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΓΡΩΝ

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης υγρών (ΚΥ) κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου έγιναν δύο μετρήσεις βάρους στο δοχείο νερού των αθλητών, μία στην αρχή του πρωτοκόλλου όπου το δοχείο ήταν γεμάτο (B_A) και μία στο τέλος του (B_T). Με τη χρήση της παρακάτω πράξης έγινε ο υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης υγρών.

$$KY = B_A - B_T$$

Εικόνα 3.

Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων.



Αισθητήρας Θ_{Π}



Αισθητήρας ΚΣ (Παλμογράφος)



Αισθητήρας Θ_{Δ} (iButton)



Ανάλυση του ΕΒΟ (Διαθλασύμετρο)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι αθλητές ολοκλήρωσαν τον αγώνα σε $55'21'' \pm 03'09''$ στο κρύο, σε $59'09'' \pm 08'05''$ στο θερμό-ουδέτερο και σε $60'46'' \pm 03'27''$ στο θερμό περιβάλλον. Πραγματοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης σε τρεις εξαρτημένες μεταβλητές, την Θ_{Π} , την Θ_{Δ} και την ΚΣ. Ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν οι φάσεις του πρωτόκολλου (ΠΠ, ΠΠΑ, ΠΑ) και το περιβάλλον (κρύο, θερμο-ουδέτερο, θερμό). Με βάση το Wilk' λ στατιστικά σημαντικές διαφορές εμφανίσθηκαν ως προς τις φάσεις [$\lambda = .08, F(9, 104.8) = 20.93, p < .001$], το περιβάλλον [$\lambda = .04, F(6, 86) = 57.82, p < .001$] και την αλληλεπίδρασή τους [$\lambda = .14, F(18, 122.11) = 6.92, p < .001$]. Ακολούθησαν χωριστές αναλύσεις διακύμανσης από τις οποίες προέκυψε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών περιβαλλόντων στη μεταβλητή Θ_{Π} [$F(2, 6.15) = 32.75, p < .001, \eta^2 = .59$], στη μεταβλητή Θ_{Δ} [$F(2, 31.93) = 269.99, p < .001, \eta^2 = .92$] και στη μεταβλητή ΚΣ [$F(2, 5666.63) = 4.06, p < .05, \eta^2 = .15$].

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΥΡΗΝΑ (Θ_{Π})

Ζευγαρωτές αναλύσεις με τη χρήση «Bonferroni» έδειξαν στατιστικά σημαντική ($p < .001$) αύξηση της Θ_{Π} κατά τη διάρκεια του ΠΠΑ και της ΠΑ στο θερμό περιβάλλον σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο και το κρύο περιβάλλον. Τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα καθώς και οι διακυμάνσεις της Θ_{Π} φαίνονται στον **Πίνακα 2** και στην **Εικόνα 4**.

Πίνακας 2.

Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα θερμοκρασίας πυρήνα μεταξύ των φάσεων πρωτόκολλου και του περιβάλλοντος.

Φάση	Περιβάλλον	Θ _π (ΜΟ ± ΤΑ) °C	Μέγιστη τιμή (°C)	Ελάχιστη τιμή (°C)
ΠΠ	Κρύο	37.02 ± 0.21	37.19	36.85
	Θερμο-ουδέτερο	37.80 ± 0.21	37.04	36.34
	Θερμό	37.27 ± 0.21	37.51	37.04
ΠΠΑ	Κρύο	36.43 ± 0.11	37.11	35.68
	Θερμο-ουδέτερο	36.78 ± 0.11	37.08	37.45
	Θερμό	38.07 ± 0.11*	38.56	37.86
ΠΑ	Κρύο	36.03 ± 0.26	36.59	35.46
	Θερμο-ουδέτερο	36.79 ± 0.26	36.88	36.70
	Θερμό	38.80 ± 0.26*	38.81	38.78

Εικόνα 4.

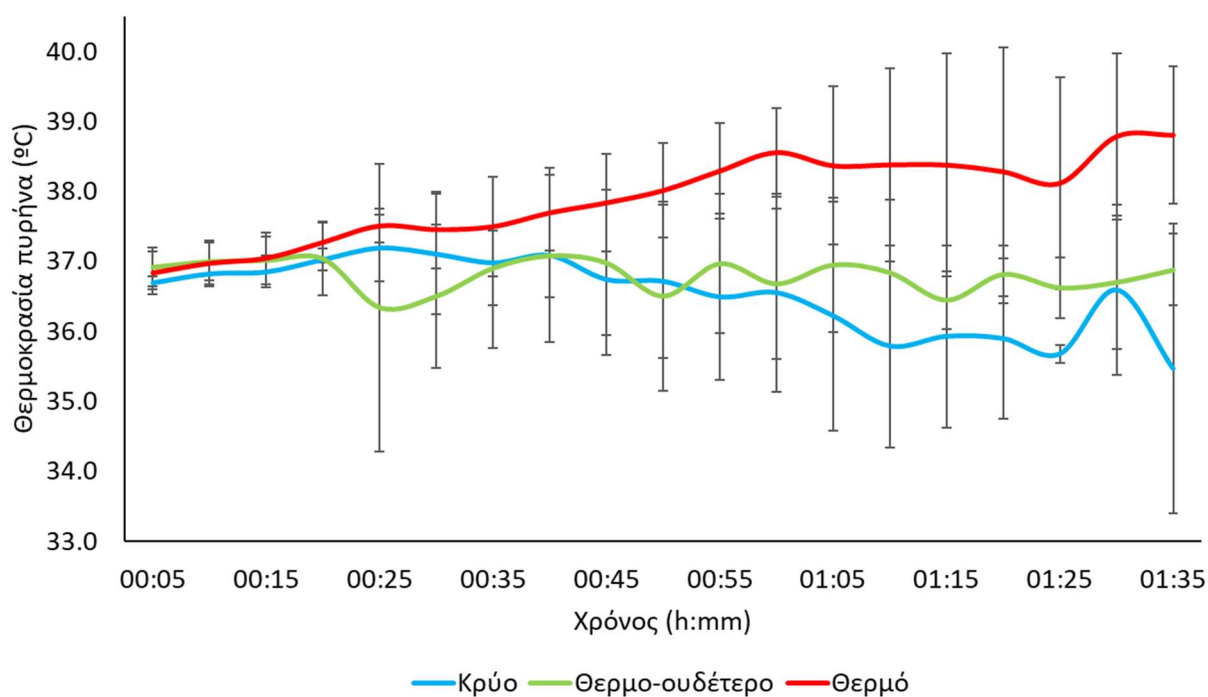
Διακύμανση της θερμοκρασίας πυρήνα κατά τη διάρκεια του πρωτόκολλου* στα τρία περιβάλλοντα.

* 00:00 – 00:10: Περίοδος προσαρμογής

00:25 – 01:25: ΠΠΑ

00:10 – 00:25: ΠΠ

01:25 – 01:35: ΠΑ



ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ (Θ_Δ)

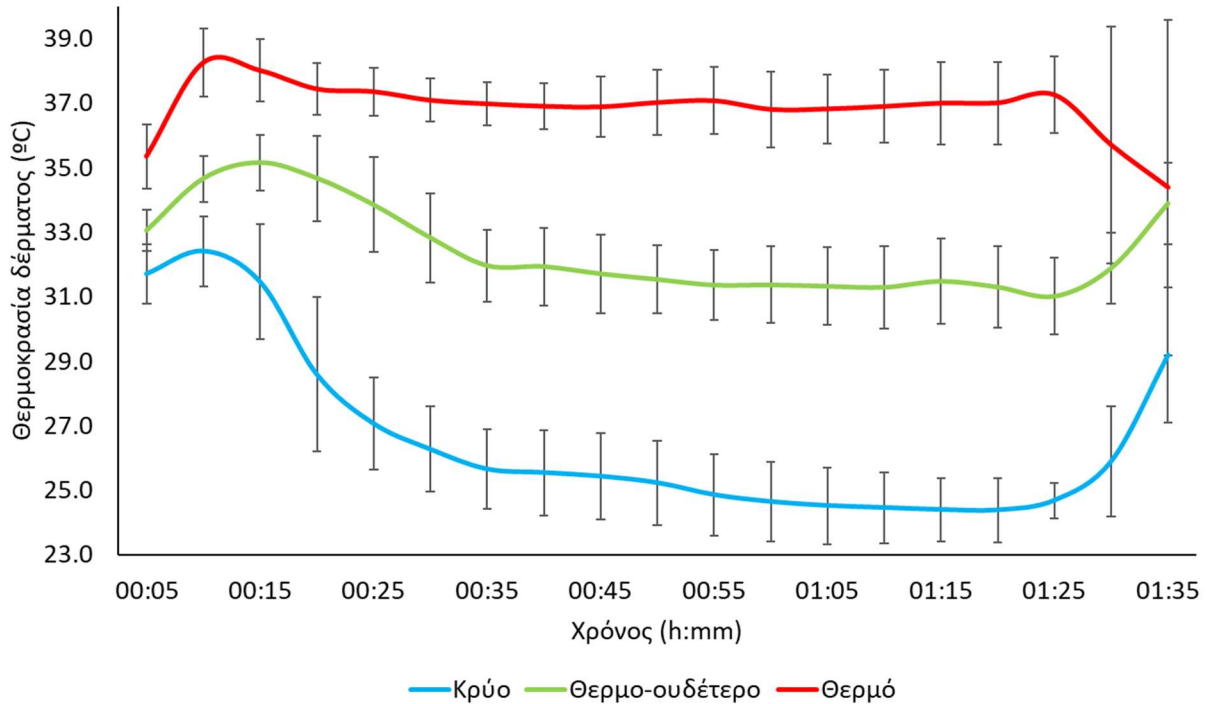
Από την ίδια ανάλυση προέκυψε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < .001$) στην Θ_Δ κατά τη διάρκεια της ΠΠ και της ΠΠΑ στο θερμό περιβάλλον σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο και το κρύο περιβάλλον. Επίσης, στην ΠΑ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της Θ_Δ στο θερμό περιβάλλον σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο ($p < .05$) και το κρύο περιβάλλον ($p < .001$). Τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα καθώς και οι διακυμάνσεις της Θ_Δ παρουσιάζονται στον *Πίνακα 3* και στην *Εικόνα 5*.

Πίνακας 3. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα θερμοκρασίας δέρματος μεταξύ των φάσεων πρωτόκολλου και του περιβάλλοντος.

Φάση	Περιβάλλον	Θ _δ (ΜΟ ± ΤΑ) °C	Μέγιστη τιμή (°C)	Ελάχιστη τιμή (°C)
ΠΠ	Κρύο	29.04 ± 0.49	31.46	27.06
	Θερμο-ουδέτερο	34.56 ± 0.49	35.15	33.85
	Θερμό	37.61 ± 0.49*	38.02	37.36
ΠΠΑ	Κρύο	25.00 ± 0.24	26.26	24.38
	Θερμο-ουδέτερο	31.59 ± 0.24	32.83	31.02
	Θερμό	36.98 ± 0.24*	37.26	36.81
ΠΑ	Κρύο	27.55 ± 0.60	29.19	25.90
	Θερμο-ουδέτερο	32.89 ± 0.60	33.89	31.89
	Θερμό	35.04 ± 0.60*	35.70	34.38

Εικόνα 5. Διακύμανση της θερμοκρασίας δέρματος κατά τη διάρκεια του πρωτόκολλου* στα τρία περιβάλλοντα.

* 00:00 – 00:10: Περίοδος προσαρμογής
 00:10 – 00:25: ΠΠΠ
 00:25 – 01:25: ΠΠΑ
 01:25 – 01:35: ΠΑ



ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (ΚΣ)

Επιπλέον, στατιστικά σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε και στην ΚΣ κατά τη διάρκεια της ΠΑ στο θερμό περιβάλλον σε σχέση με το κρύο περιβάλλον ($p < .05$). Ανάλυση μεγέθους επίδρασης έδειξε ότι η μέση καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του ΠΠΑ στο θερμό περιβάλλον ήταν σημαντικά αυξημένη συγκριτικά με το θερμο-ουδέτερο ($d = 2.09$) και το κρύο περιβάλλον ($d = 2.34$). Τα στατιστικά δεδομένα καθώς και οι διακυμάνσεις της ΚΣ παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4** και στην **Εικόνα 6**.

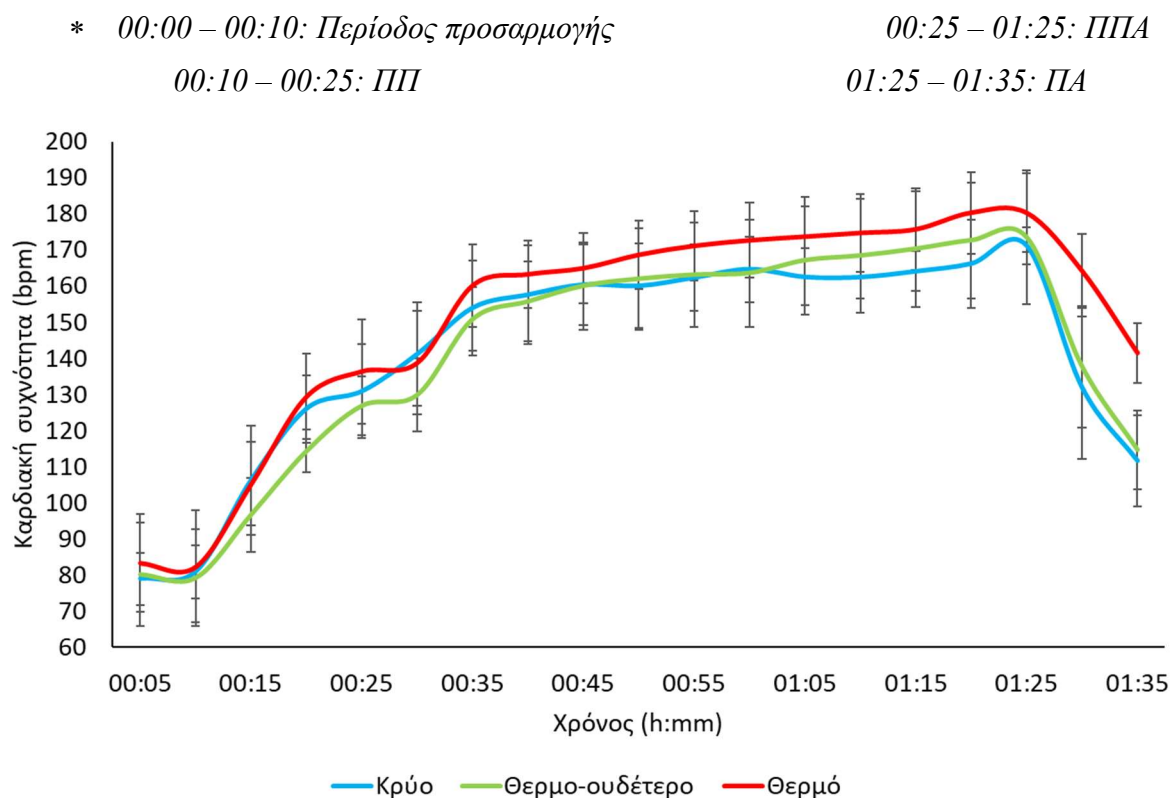
Πίνακας 4.

Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα καρδιακής συχνότητας μεταξύ των φάσεων πρωτόκολλου και του περιβάλλοντος.

Φάση	Περιβάλλον	ΚΣ (ΜΟ ± ΤΑ) bpm	Μέγιστη τιμή bpm	Ελάχιστη τιμή bpm
ΠΠ	Κρύο	121.05 ± 6.48	130.86	106.25
	Θερμο-ουδέτερο	112.61 ± 6.48	126.83	96.72
	Θερμό	123.66 ± 6.48	136.40	105.18
ΠΠΑ	Κρύο	160.54 ± 3.24	171.14	141.15
	Θερμο-ουδέτερο	161.41 ± 3.24	173.39	129.87
	Θερμό	168.69 ± 3.24	180.30	138.78
ΠΑ	Κρύο	121.69 ± 7.94	131.83	111.54
	Θερμο-ουδέτερο	126.13 ± 7.94	137.62	114.64
	Θερμό	152.83 ± 7.94	164.15	141.51

Εικόνα 6.

Διακύμανση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια του πρωτόκολλου στα τρία περιβάλλοντα.



ΧΡΟΝΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ανάλυση μεγέθους επίδρασης έδειξε ότι ο χρόνος τερματισμού στο κρύο περιβάλλον ήταν σημαντικά μειωμένος συγκριτικά με το θερμο-ουδέτερο ($d = .56$) και ειδικότερα με το θερμό περιβάλλον ($d = 1.52$). Αναλυτικότερα, περιγραφικά στατιστικά δεδομένα παρουσιάζονται στον *Πίνακα 5*.

Πίνακας 5. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα χρόνου τερματισμού μεταξύ των περιβαλλόντων.

Περιβάλλον	Χρόνος τερματισμού (MO ± TA)	Χειρότερη επίδοση	Καλύτερη επίδοση
Κρύο	0:55:21 ± 0:03:09	1:00:05	0:51:58
Θερμο-ουδέτερο	0:59:09 ± 0:08:05	1:16:11	0:48:33
Θερμό	1:00:46 ± 0:03:27	1:04:59	0:53:18

ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

Ανάλυση μεγέθους επίδρασης έδειξε μεγάλες διαφορές στο ειδικό βάρος ούρων μεταξύ των περιβαλλόντων και ειδικότερα μεταξύ του θερμού περιβάλλοντος ($MO = 1.022, TA = .1$) με το θερμο-ουδέτερο ($MO = 1.011, TA = 0.1, d = 1.58$) και το κρύο περιβάλλον ($MO = 1.015, TA = .1, d = .79$).

Επιπλέον, ανάλυση μεγέθους επίδρασης έδειξε ότι η κατανάλωση υγρών ήταν σημαντικά αυξημένη κατά την διάρκεια του αγώνα στο θερμό περιβάλλον ($MO = .55 \text{ kg}, TA = .17$) σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο ($MO = .51 \text{ kg}, TA = .24, d = .68$) και το κρύο περιβάλλον ($MO = .37 \text{ kg}, TA = .14, d = 1.08$). Παρόλα αυτά, οι συμμετέχοντες ήταν αφυδατωμένοι κατά τον τερματισμό του πρωτοκόλλου άσκησης στο θερμό περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προκύπτει πως η θερμοκρασία δέρματος επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος με ανάλογες μεταβολές. Η ανάλυση των δεδομένων Θ_{Δ} έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών συνθηκών σε όλες τις φάσεις του πρωτοκόλλου. Παρατηρήθηκε πως Θ_{Δ} είναι ανάλογη της εξωτερικής θερμοκρασίας ενώ η αθλητική απόδοση είναι αντιστρόφως ανάλογη. Πρόσφατες μελέτες σε αθλητές δείχνουν πως για κάθε ένα βαθμό κελσίου αύξησης της θερμοκρασίας δέρματος παρατηρείται μείωση της αθλητικής απόδοσης κατά 1.5% (Sawka, Cheuvront, & Kenefick, 2012) και παράλληλα για κάθε ένα βαθμό αύξησης του περιβαλλοντικού στρες η ικανότητα παραγωγής έργου μειώνεται κατά 2.6% (A. D. Flouris et al., 2018).

Η αυξημένη Θ_{Δ} σε συνδυασμό με τη συσσώρευση θερμότητας στους ενεργούς μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης οδηγεί στη μεταφορά θερμότητας προς τις βαθύτερες δομές του σώματος αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία πυρήνα (G. P. Kenny et al., 2006; G. P. Kenny et al., 2003). Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται στη παρούσα έρευνα καθώς από τα αποτελέσματα που προέκυψαν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της Θ_{Δ} και Θ_{Π} κατά τη διάρκεια του ΠΠΑ. Η ικανότητα άσκησης σε θερμό περιβάλλον μειώνεται σημαντικά σε σύγκριση με το θερμο-ουδέτερο και το κρύο εξαιτίας των αυξημένων θερμοκρασιών στο σώμα. Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας βρέθηκε πως η μέγιστη Θ_{Π} κατά την άσκηση σε θερμό περιβάλλον ήταν κατά 1.5°C μεγαλύτερη σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο και το κρύο, συμφωνώντας με την μελέτη του Morris που αναφέρει πως η διαφορά της θερμοκρασίας ορθού κατά το τέλος της άσκησης σε δυο διαφορετικά περιβάλλοντα (θερμο-ουδέτερο με θερμό) είναι 0.9°C (Morris, Nevill, Boobis, Macdonald, & Williams, 2005).

Προκειμένου να περιοριστεί και να μειωθεί η θερμοκρασία πυρήνα, ενεργοποιούνται θερμορρυθμιστικοί παράγοντες όπως η εφίδρωση (Kakitsuba, 2004). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια θερμότητας μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος. Παρόλα αυτά, η απώλεια νερού μέσω της εφίδρωσης οδηγεί σε μείωση του όγκου του πλάσματος άρα και του συνολικού νερού στο ανθρώπινο σώμα προκαλώντας αφυδάτωση (Racinais et al., 2015). Πιο συγκεκριμένα, οι έξι από τους επτά συμμετέχοντες που εκτέλεσαν το πρωτόκολλο στο θερμό περιβάλλον ήταν αφυδατωμένοι μετά το ΠΠΑ. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αυξημένη εφίδρωση που υπήρξε κατά την άσκηση στο θερμό περιβάλλον.

Συγκρίνοντας την κατανάλωση νερού στα τρία περιβάλλοντα παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην ποσότητα υγρών που καταναλώθηκαν από τους αθλητές κατά την διάρκεια της άσκησης στο θερμό περιβάλλον σε σχέση με το θερμο-ουδέτερο και το κρύο. Παρόλα αυτά όμως οι αθλητές τερμάτισαν το ΠΠΑ στο θερμό περιβάλλον αφυδατωμένοι. Καταλήγουμε

λοιπόν ότι η απώλεια υγρών μέσω της εφίδρωσης ήταν μεγαλύτερη από την αναπλήρωσή τους στο θερμό περιβάλλον ενώ στο θερμο-ουδέτερο και στο κρύο φυσιολογική.

Τέλος φάνηκε ότι το περιβάλλον είχε σημαντική επίδραση στο χρόνο τερματισμού του ΠΠΑ. Παρατηρήθηκε ότι κατά μέσο όρο οι καλύτερες επιδόσεις στο ΠΠΑ έγιναν στο κρύο περιβάλλον ενώ οι χειρότερες στο θερμό. Σε μια πρόσφατη μελέτη του James βρέθηκε πως η άσκηση στη ζέστη (32°C) αυξάνει την καρδιακή συχνότητα και τις Θ_{Π} και Θ_{Δ} , η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου παρουσιάζεται σε χαμηλότερες ταχύτητες και η συσσώρευση του γαλακτικού αρχίζει νωρίτερα (James et al., 2016). Εξαιτίας αυτών των μεταβολών οι αθλητές παρουσιάζουν μια πρόωρη κόπωση κατά την άσκηση στη ζέστη με αποτέλεσμα να υπάρχει μείωση στην αθλητική απόδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα έρευνα μελετήθηκαν οι επιδράσεις διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών στις φυσιολογικές αποκρίσεις και σε παραμέτρους απόδοσης ελίτ αθλητών ποδηλασίας. Αξιολογήθηκαν η μέση θερμοκρασία δέρματος, η θερμοκρασία πυρήνα, η καρδιακή συχνότητα, το ειδικό βάρος ούρων και η αθλητική απόδοση μέσα από προσομοίωση αγώνα ποδηλασίας. Έπειτα συγκρίθηκαν τα φυσιολογικά δεδομένα από τα διαφορετικά περιβάλλοντα προκειμένου να ελεγχθεί κατά πόσο επηρεάζουν την αθλητική απόδοση. Συμπερασματικά καταλήξαμε πως η αθλητική απόδοση σε θερμό περιβάλλον μειώνεται σημαντικά. Προκειμένου να περιοριστεί η μείωση της απόδοσης, προτείνεται η αύξηση της κατανάλωσης υγρών, η χρήση ελαφριού ρουχισμού και η προετοιμασία των αθλητών στις συνθήκες των αγώνων (εγκλιματισμός). Η καλύτερη θερμοκρασία διεξαγωγής αγώνων παρατηρείται κοντά στους 11 °C. Έτσι λοιπόν οι αθλητές που έχουν ως στόχο την βελτιστοποίηση της αθλητικής τους απόδοσης χρειάζεται να συμμετάσχουν σε διοργανώσεις με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bangsbo, J., Krstrup, P., González-Alonso, J., & Saltin, B. (2001). ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 280(6), E956-E964.
- Edwards, R., Hill, D., & Jones, D. (1975). Heat production and chemical changes during isometric contractions of the human quadriceps muscle. *The Journal of physiology*, 251(2), 303-315.
- Flouris, A., & Schlader, Z. (2015). Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 52-64.
- Flouris, A. D., Dinas, P. C., Ioannou, L. G., Nybo, L., Havenith, G., Kenny, G. P., & Kjellstrom, T. (2018). Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2(12), e521-e531.
- Hardy, J. (1970). Thermal comfort: skin temperature and physiological thermoregulation. *Physiological and behavioral temperature regulation*, 856-873.
- Hensel, H. (1981). Thermoreception and temperature regulation. *Monographs of the physiological society*, 38, 18-184.
- James, C. A., Richardson, A. J., Watt, P. W., Willmott, A. G., Gibson, O. R., & Maxwell, N. S. (2016). Short-term heat acclimation improves the determinants of endurance performance and 5-km running performance in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(3), 285-294.
- Kakitsuba, N. (2004). Dynamic changes in sweat rates and evaporation rates through clothing during hot exposure. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), 739-742.
- Kenny, G., & Flouris, A. (2014). *Protective Clothing: Managing Thermal Stress* ed F Wang and C Gao: Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.
- Kenny, G. P., Jay, O., Zaleski, W. M., Reardon, M. L., Sigal, R. J., Journeay, W. S., & Reardon, F. D. (2006). Postexercise hypotension causes a prolonged perturbation in esophageal and active muscle temperature recovery. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 291(3), R580-R588.
- Kenny, G. P., Reardon, F. D., Zaleski, W., Reardon, M. L., Haman, F., & Ducharme, M. B. (2003). Muscle temperature transients before, during, and after exercise measured using an intramuscular multisensor probe. *Journal of applied physiology*, 94(6), 2350-2357.
- Krstrup, P., González-Alonso, J., Quistorff, B., & Bangsbo, J. (2001). Muscle heat production and anaerobic energy turnover during repeated intense dynamic exercise in humans. *The Journal of physiology*, 536(3), 947-956.

- Manz, F. (2007). Hydration and disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(sup5), 535S-541S.
- Morris, J., Nevill, M., Boobis, L., Macdonald, I., & Williams, C. (2005). Muscle metabolism, temperature, and function during prolonged, intermittent, high-intensity running in air temperatures of 33 and 17 C. *International journal of sports medicine*, 26(10), 805-814.
- Racinais, S., Alonso, J.-M., Coutts, A. J., Flouris, A. D., Girard, O., González-Alonso, J., . . . Mitchell, N. (2015). Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 6-19.
- Romanovsky, A. A. (2007). Thermoregulation: some concepts have changed. Functional architecture of the thermoregulatory system. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(1), R37-R46.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 377-390.
- Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2012). High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Experimental physiology*, 97(3), 327-332.
- Thomas, D. R., Cote, T. R., Lawhorne, L., Levenson, S. A., Rubenstein, L. Z., Smith, D. A., . . . Council, D. (2008). Understanding clinical dehydration and its treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 9(5), 292-301.
- Wikipedia: Thermal neutral zone. (2015). Thermal neutral zone. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_neutral_zone