

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

«ΜΕΤΑΣΚΗΣΙΑΚΕΣ ΘΕΡΜΟΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ
ΣΕ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΥΓΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΟΣ»

Γεώργιος Ι. Μέγας

Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»

ΑΘΗΝΑ 2007

© Copyright

**Γεώργιος Μέγας του Ιωάννη
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη**

*Η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και
την Ευρωπαϊκή Ένωση*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ένα μεγάλο ταξίδι έφτασε στο τέλος του. Σε αυτό το ταξίδι γνώσης, εμπειριών και δυστυχώς απρόσμενων δυσχερειών με συνόδεψαν πολλά πρόσωπα και συνέβαλαν καθοριστικά στη ολοκλήρωση του παρόντος μόχθου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ είναι πολύ λίγο για τον επιβλέποντά μου Αναπληρωτή Καθηγητή Φυσιολογίας Νικόλαο Γελαδά για τη πολύτιμη στήριξη και καθοδήγηση όλα αυτά τα χρόνια αλλά κυρίως για την υπομονή του στις δοκιμασίες που διήλθα και την πίστη στις δυνατότητές μου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ είναι επίσης λίγο για τη Μαρία Κοσκολού και το Γιώργο Νάσση για την ενθάρρυνσή τους, τη πολύπλευρη στήριξη και το παράδειγμά τους. Ευχαριστώ εκ βαθέων τον Καθηγητή Εργοφυσιολογίας κ. Κλεισούρα για την αμέριστη ηθική και υλική συμπαράτασή του σε δύσκολες στιγμές για μένα και για τη τιμή που μου έκανε να είναι στη τριμελή συμβουλευτική επιτροπή της ερευνητικής μου πρότασης. Η Όλγα Γεωργοπούλου υπήρξε πολυτιμος συνεργάτης στη διεξαγωγή των πειραμάτων και μου κράτησε το χέρι σε δύσκολες στιγμές. Ένα μεγάλο ευχαριστώ μαζί με την εκτίμησή μου. Υπήρξε τιμή για μένα να συνεργαστώ με τους δοκιμαζόμενους της παρούσας μελέτης, οι οποίοι έδωσαν εθελοντικά τον καλύτερό τους εαυτό στο βωμό της επιστημονικής έρευνας και ανταπεξήλθαν στις αντιξοότητες των πειραμάτων. Χωρίς το δικό τους πάθος και θέληση η παρούσα εργασία δε θα ήταν εφικτή. Ευχαριστώ το Στέλιο Κουναλάκη για την βοήθειά του και την υπομονή του τις μέρες των πειραμάτων καθώς και όλους τους μεταπτυχιακούς φοιτητές και διδάσκοντες του Προγράμματος με τους οποίους συνυπήρξα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή κύριο Λάμπρο Συντώση για τη βοήθειά του και τη συνεργασία που μου προσέφερε στο Εργομετρικό του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Ευχαριστίες οφείλω στο Καθηγητή Βιοστατιστικής κύριο Βαγενά που μου έκανε τη τιμή να συνεργαστώ μαζί του και να αποκτήσω πολύτιμες γνώσεις ως προπτυχιακός ακόμη φοιτητής. Υπήρξε ιδιαίτερη τιμή για μένα είμαι υπότροφος του Ωνασείου Ιδρύματος γεγονός που μου έδωσε άλλη πνοή στις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

Ευχαριστώ το μέλος της τριμελούς μου επιτροπής Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Μπαλτόπουλο για τη κατανόησή του στη διάρκεια της συνεργασίας μας. Τέλος ευχαριστώ όλους αυτούς οι οποίοι με στήριξαν με οποιοδήποτε τρόπο σε όλη αυτή τη πορεία.

Κοιτώντας πίσω στο χρόνο βλέπω πλέον μόνο ευχάριστες αναμνήσεις και στο νου μου έρχεται το παιδικό σκίρτημα που ένοιωσα όταν ένα Καλοκαιρινό πρωινό είδα το όνομά μου ανάμεσα στους επιτυχόντες του Μεταπτυχιακού, κι αν η ζωή μου επεφύλασσε τρικυμίες και χειμώνες, είμαι εδώ, ακόμη όρθιος, για το επόμενο πρωινό που θα ανατείλει και το καινούργιο ταξίδι που θα κινήσει.

Ιωάννινα 27 / 11 / 2007

Ιθάκη

Σα βγεις στο πηγαίο για την Ιθάκη,
να ευχέσαι να' ναι μακρὺς ὁ δρόμος,
γεμάτος περιπέτειες, γεμάτος γνώσεις.
Τοὺς Λαιστρυγῶνας καὶ τοὺς Κυκλωπας,
τὸν θυμῶμενο Ποσειδῶνα μὴ φοβάσαι,
τέτοια στὸν δρόμο σου ποτε σου δὲν θὰ βρεῖς,
ἀν μὲν' ἡ σκεψίς σου ὑψηλὴ, ἀν ἐκλεκτὴ
συγκινησίς το πνεῦμα καὶ τὸ σῶμα σου ἀγγίζει.
Τοὺς Λαιστρυγῶνας καὶ τοὺς Κυκλωπας,
τὸν ἀγριο Ποσειδῶνα δὲν θὰ συναντήσεις,
ἀν δὲν τοὺς κουβαλεῖς μες στὴν ψυχὴ σου,
ἀν ἡ ψυχὴ σου δὲν τοὺς στήνει ἔμπροσ σου.
Νὰ ευχέσαι νὰ ναι μακρὺς ὁ δρόμος.
Πολλὰ τὰ καλοκαίρινα πρῶϊνα νὰ εἶναι
πού με τι ευχαρίστησι, με τι χάρη
θὰ μπαινεῖς σὲ λιμένας πρωτοειδῶμενους
νὰ σταματήσεις σ' ἐμπορεῖα Φοινικικὰ,
καὶ τὲς καλὲς πραγματεῖες ν' ἀποκτήσεις,
σεντεφία καὶ κοραλλία, κέχριμπαρια κ' ἔβενους,
καὶ ἡδονικὰ μυρωδικὰ καθὲ λογιῆς,
ὅσο μπορεῖς πιο ἀφθονὰ ἡδονικὰ μυρωδικὰ,
σὲ πόλεις Αἰγυπτιακὲς πολλὲς νὰ πᾶς,
νὰ μαθεῖς καὶ νὰ μαθεῖς ἀπ' τοὺς σπουδασμένους.

Πάντα στὸ νου σου νὰ χεῖς τὴν Ιθάκη.
Τὸ φθᾶσιμον ἐκεῖ εἶν' ὁ προορισμὸς σου.
Ἀλλὰ μὴ βιάζεῖς τὸ ταξίδι διόλου.
Καλλιτέρα χρόνια πολλὰ νὰ διαρκεσεῖ.
καὶ γέρος πᾶ ν' ἀραξεῖς στὸ νησί,
πλουσιὸς με ὅσα κερδίσεις στὸ δρόμο,
μὴ προσδοκῶντας πλοῦτη νὰ σε δώσει ἡ Ιθάκη.

Ἡ Ιθάκη σ' ἔδωσε τ' ὠραῖο ταξίδι.
Χωρὶς αὐτὴν δὲν θὰ βγαίνεις στὸν δρόμο.
Ἀλλὰ δὲν ἔχει νὰ σε δώσει πᾶ.
Κι ἀν πτωχικὴ τὴν βρεῖς, ἡ Ιθάκη δὲν σε γέλασε.
Ἐτσι σοφὸς πού ἐγίνες, με τὸση πείρα,
ἤδη θὰ τὸ καταλάβεις οἱ Ιθακεῖς τι σημαίνουν

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται:
*Στον πατέρα μου Ιωάννη
τη μητέρα μου Μαργαρίτα
στον αδελφό μου Κωνσταντίνο*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήσαμε τις μετασκησιακές θερμορρυθμιστικές, αιμοδυναμικές και αυτόνομες αποκρίσεις μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον στη καθιστή και ύπτια θέση ($T_{\text{περιβάλλον}}$: 34.7 °C, Σχετική υγρασία: 84 %). Οκτώ (8) υγιείς δοκιμαζόμενοι (Ηλικία, 22.25 ± 0.88 έτη, Βάρος, 74.97 ± 11.31 κιλά, Ύψος, 177 ± 0.07 cm, $VO_{2\text{peak}}$, 46.42 ± 5.24 ml/kg/min) ποδηλάτησαν σε ένταση ίση με το 60% της προκαθορισμένης κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου μέχρι την επίτευξη θερμοκρασίας πυρήνα 38 °C. Ακολουθούσε εικοσάλεπτη αποκατάσταση στη καθιστή ή ύπτια θέση σε τυχαία και αντισταθμισμένη σειρά. Η θερμοκρασία πυρήνα παρουσίασε συνεχή αύξηση καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης χωρίς την ύπαρξη διαφορών μεταξύ των συνθηκών. Η αιματική ροή δέρματος (Laser Doppler Flow) παρουσίασε απότομη πτώση μετά τη διακοπή της προσπάθειας και παρόμοια πορεία και στις δύο συνθήκες. Η δερματική αγγειακή αντίσταση ήταν σημαντικά υψηλότερη στην καθιστή αποκατάσταση (p : 0.006). Η μέση θερμοκρασία δέρματος μειώθηκε κατά την αποκατάσταση αλλά υπήρξε σημαντικά υψηλότερη στην ύπτια θέση (p : 0.0032). Μετασκησιακή υπόταση εμφανίστηκε μόνο στην καθιστή θέση στα τελευταία λεπτά της αποκατάστασης (p : 0.012) παρόλο που δεν υπήρξαν στατιστικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών. Οι ελάχιστες τιμές συστολικής και μέσης αρτηριακής πίεσης ήταν σημαντικά χαμηλότερες στην καθιστή συνθήκη σε σχέση με την ύπτια ($p_{\text{συστολική min}}$: 0.008, $p_{\text{μέση πίεση min}}$: 0.037). Η καρδιακή συχνότητα βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη στην καθιστή θέση (p : 0.0009). Το χαμηλό φάσμα συχνοτήτων (LF) και ο λόγος του χαμηλού προς το υψηλό φάσμα συχνοτήτων (LF/HF) της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας συσχετίστηκε σημαντικά με την αρτηριακή πίεση και στις δύο θέσεις σώματος και με τη δερματική αγγειακή αντίσταση στην καθιστή θέση. Η ωσμωτική πίεση δε διέφερε στην ηρεμία, τέλος άσκησης και αποκατάστασης μεταξύ των συνθηκών. Συμπεραίνουμε ότι μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό

περιβάλλον η θερμοκρασία πυρήνα σώματος παρουσιάζει σημαντική και εμμένουσα ανύψωση. Η υιοθέτηση ύπτιας θέσης δεν επηρεάζει το φαινόμενο αλλά προστατεύει την καρδιαγγειακά ακεραιότητα και αυξάνει τη μέση θερμοκρασία δέρματος. Η επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα πιθανόν να διευκολύνει ή να προκαλεί χαλάρωση του εντερικού φραγμού και απελευθέρωση στην κυκλοφορία εντερικών ενδοτοξινών όπως το λιποπολυσακχαρίδιο (LPS) αυξάνοντας τον κίνδυνο θερμικών διαταραχών.

ABSTRACT

We examined the postexercise thermal, hemodynamic and autonomic responses after exercise in hot humid climate in seated and supine positions (T_{ambient} : 34.7°C, Relative Humidity: 84%). Observations were made on (8) eight healthy participants (Age: 22.25 ± 0.88 yrs, Weight: 74.97 ± 11.31 Kg, Height: 177 ± 0.07 cm, $VO_{2\text{peak}}$: 46.42 ± 5.24 ml/kg/min). Subjects pedaled a mechanically braked ergometer at a workload equivalent to 60% of their predetermined $VO_{2\text{peak}}$. They subsequently recovered inactive for 20 minutes in either supine or upright seated position, in a random counterbalanced manner after they had reached a core temperature of 38 °C. Core temperature showed a continuous rise during whole recovery period with an identical fashion in both recovery modes. Laser Doppler flow of the forearm skin showed a steep decrease immediately after exercise with no differences between conditions (p: 0.091). Skin vascular resistance, however, was higher during seated recovery (p: 0.006). Mean skin temperature fell during recovery and was significantly higher in supine posture (p: 0.0032). Post exercise hypotension was evident only in seated recovery during the last minutes of recovery (p: 0.012) despite no statistical differences between conditions. Minimal values of systolic and mean arterial pressures were significantly lower in seated recovery compared with supine ($p_{\text{systolic min}}$: 0.008, $p_{\text{map min}}$: 0.037). Heart rate was significantly higher in upright seated position (p: 0.0009). Low frequency component (LF) and ratio of low to high frequency component (Lf/Hf) of heart rate variability frequency spectrum correlated significantly with arterial pressure in both postures and with skin vascular resistance in upright recovery only. Osmotic pressure did not differ at rest, end of exercise and end of recovery in either condition. We conclude that after exercise in hot humid conditions core temperature shows a sustained and considerable “afterrise”. Supine posture does not influence the phenomenon, probably due to smaller surface area exposed to environment compared with upright seated,

but helps maintain cardiovascular integrity and increases skin temperature. Further rise of splanchnic temperature may facilitate or even cause intestinal barrier loosening and liberation into the circulation of life threatening intestinal toxins (LPS) increasing the risk for heat injury and illness.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|--|----|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | ii |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | vi |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ | ix |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ | xi |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| 1.1. Σκοπός της μελέτης..... | 4 |
| 1.2. Σημασία του προβλήματος..... | 5 |
| 1.3. Διερευνητικά ερωτήματα | 5 |
| 1.4. Ερευνητικές υποθέσεις..... | 5 |
| 2. ΑΝΑΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ | 6 |
| 2.1. Θερμορύθμιση κατά την ηρεμία | 6 |
| 2.2. Καρδιαγγειακές αποκρίσεις σε θερμικό φορτίο στην ηρεμία..... | 7 |
| 2.2.1. Αιματική ροή στο δέρμα | 7 |
| 2.3. Θέση σώματος και θερμορυθμιστικές αποκρίσεις στην ηρεμία..... | 9 |
| 2.4. Μετασκησιακή υπόταση | 10 |
| 2.4.1. Μετασκησιακή υπόταση και θερμορυθμιστικές αποκρίσεις | 12 |
| 2.5. Άσκηση και θερμοκρασία πυρήνα | 13 |
| 2.6. Θερμοκρασία πυρήνα κατά την αποκατάσταση | 15 |
| 2.7. Τύπος αποκατάστασης και μετασκησιακή θερμορύθμιση | 17 |
| 3. ΜΕΘΟΔΟΣ | 19 |
| 3.1. Δοκιμαζόμενοι | 19 |
| 3.2. Μετρήσεις και όργανα | 19 |
| 3.2.1. Καθορισμός μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου | 19 |
| 3.2.2. Προετοιμασία δοκιμαζόμενου | 19 |
| 3.2.3. Κυρίως μέτρηση..... | 19 |
| 3.2.4. Ανάλυση δειγμάτων αίματος | 20 |
| 3.2.5. Ανάλυση μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (Heart rate variability)..... | 20 |
| 3.3. Υπολογισμοί..... | 20 |
| 3.4. Στατιστική ανάλυση..... | 21 |
| 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1. Θερμοκρασία πυρήνα..... | 22 |
| 4.2. Μέση θερμοκρασία δέρματος..... | 23 |
| 4.3. Θερμοκρασία δακτύλου..... | 24 |
| 4.4. Μέση Θερμοκρασία σώματος..... | 24 |
| 4.5. Αιματική ροή στο δέρμα..... | 24 |
| 4.6. Δερματική αγγειακή αντίσταση..... | 25 |
| 4.7. Συστολική πίεση..... | 25 |
| 4.8. Διαστολική πίεση..... | 26 |
| 4.9. Μέση αρτηριακή πίεση..... | 26 |
| 4.10. Πίεση παλμού..... | 26 |
| 4.11. Ελάχιστες τιμές αρτηριακής πίεσης..... | 26 |
| 4.12. Μετασκησιακή υπόταση..... | 27 |
| 4.13. Καρδιακή συχνότητα..... | 27 |
| 4.14. Ανάλυση μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (Heart rate variability)..... | 29 |
| 4.15. Ωσμωτική πίεση αίματος..... | 29 |
| 4.16. Τιμές αιματοκρίτη και συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης..... | 30 |
| 4.17. Αλλαγές σωματικού βάρους και συνολικός ρυθμός εφίδρωσης..... | 30 |
| 4.18. Αλλαγές όγκου πλάσματος..... | 30 |
| 4.19. Ανταλλαγή ξηρής θερμότητας..... | 31 |
| 4.20. Ανοχή στη ζέστη..... | 31 |
| 4.21. Συσχετίσεις μεταβλητών..... | 32 |
| 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... | 38 |
| 5.1. Θερμοκρασία πυρήνα κατά την αποκατάσταση..... | 38 |
| 5.2. Θερμοκρασία δέρματος..... | 41 |
| 5.3. Αιματική ροή στο δέρμα..... | 44 |
| 5.4. Μετασκησιακές αποκρίσεις στην αρτηριακή πίεση..... | 48 |
| 5.5. Ανάλυση μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (HR variability)..... | 52 |
| 5.6. Ωσμωτική πίεση αίματος..... | 54 |
| 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 54 |
| 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 56 |
| 8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 62 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σελίδα

| | |
|--|----|
| <p><i>Σχήμα 2-1.</i> Οι κυριότερες θεωρίες για το μηχανισμό της ενεργού αγγειοδιαστολής στα αγγεία του δέρματος. 1) Συμπαθητική χολινεργική ενεργοποίηση των ιδρωτοποιών αδένων οδηγεί στην απελευθέρωση ενζύμου το οποίο οδηγεί σε σχηματισμό βραδυκινίνης προκαλώντας αγγειοδιαστολή. 2) Ξεχωριστές συμπαθητικές χολινεργικές ίνες νευρώνουν τα αγγεία του δέρματος και τους ιδρωτοποιούς αδένες. Η αγγειοδιαστολή πραγματοποιείται μέσω της ακετυλοχολίνης ή του εντερικού αγγειοδραστικού πεπτιδίου (VIP). 3) Ξεχωριστά συμπαθητικά αγγειοδιασταλτικά νεύρα, μέσω άγνωστου προς το παρόν νευρομεταβιβαστή, προκαλούν την ενεργό αγγειοδιαστολή στα αγγεία του δέρματος. Μη θερμορυθμιστικοί παράγοντες τροποποιούν την ενεργό αγγειοδιαστολή επιδρώντας στους παραπάνω νευρώνες (Τροποποιημένο από Johnson and Proppe, 1996)</p> | 6 |
| <p><i>Σχήμα 2-2.</i> Θερμοκρασίες υποδόριων ιστών στην ύπτια και κάθετη κεκλιμένη (75°) θέση (από Mayerson and Toth, 1938).....</p> | 8 |
| <p><i>Σχήμα 2-3.</i> Μεταβολικός ρυθμός, συνολική αποβολή θερμότητας, «μη - αισθητή» αποβολή και «αισθητή» αποβολή θερμότητας κατά την άσκηση σε διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Από Sawka and Wenger, 1988)</p> | 12 |
| <p><i>Σχήμα 2-4.</i> Σταθεροποιημένη θερμοκρασία πυρήνα σε σχέση με την απόλυτη και σχετική ένταση άσκησης. Η διασπορά στις ενδοατομικές τιμές περιορίζεται όταν η θερμοκρασία πυρήνα απεικονιστεί με βάση τη σχετική ένταση (Από Saltin and Hermansen, 1966)</p> | 14 |
| <p><i>Σχήμα 2-5.</i> Μετασκησιακή πορεία θερμοκρασίας πυρήνα έξι (6) δοκιμαζόμενων μετά από παρατεταμένη άσκηση (45 – 50% VO₂max) σε θερμό και υγρό περιβάλλον (38 °C, RH = 90 – 95%). (Από Banister and Geladas, 1988)</p> | 17 |
| <p><i>Σχήμα 4-1.</i> Θερμοκρασία πυρήνα 8 δοκιμαζόμενων κατά την ανενεργό αποκατάσταση σε ύπτια και όρθια θέση μετά από κυκλοεργομέτρηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον (60% VO₂peak, 35 °C, 80% σχετική υγρασία). +: διαφορές σε σχέση με το 1° λεπτό της κάθε συνθήκης.</p> | 22 |
| <p><i>Σχήμα 4-2.</i> Μέση θερμοκρασία δέρματος κατά την όρθια και ύπτια αποκατάσταση. Η θερμοκρασία ήταν σημαντικά υψηλότερη κατά την ύπτια αποκατάσταση (p: 0.0032). * : Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, + : στατιστικά σημαντική διαφορά από το 1° λεπτό αποκατάστασης κάθε συνθήκης.....</p> | 23 |
| <p><i>Σχήμα 4-3.</i> Θερμοκρασία δακτύλου (μέσος δεξιού άκρου χειρός) στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. *: σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, +: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1° λεπτό της κάθε συνθήκης</p> | 24 |
| <p><i>Σχήμα 4-4.</i> Μέση θερμοκρασία σώματος στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. #: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1° λεπτό της κάθε συνθήκης</p> | 24 |
| <p><i>Σχήμα 4-5.</i> Αιματική ροή στο δέρμα του πήχη (απόλυτες τιμές Laser Doppler flow - Volts) στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. +: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1° λεπτό της αντίστοιχης αποκατάστασης</p> | 25 |
| <p><i>Σχήμα 4-6.</i> Δερματική αγγειακή αντίσταση στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. +: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1° της αντίστοιχης συνθήκης, *: σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών</p> | 25 |
| <p><i>Σχήμα 4-7.</i> Συστολική αρτηριακή πίεση στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. Η συστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης. Δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης. +: σημαντική διαφορά από το 1° λεπτό της αντίστοιχης αποκατάστασης.....</p> | 26 |
| <p><i>Σχήμα 4-8.</i> Διαστολική αρτηριακή πίεση στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. +: σημαντικές διαφορές από το 1° λεπτό αποκατάστασης</p> | 26 |
| <p><i>Σχήμα 4-9.</i> Η μέση αρτηριακή πίεση μειώθηκε σημαντικά τόσο στην ύπτια όσο και την όρθια αποκατάσταση. +: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το 1° λεπτό της κάθε αποκατάστασης.....</p> | 26 |
| <p><i>Σχήμα 4-10.</i> Πίεση παλμού στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. *: διαφορές μεταξύ των συνθηκών. #: διαφορές από το 1° κάθε συνθήκης.....</p> | 26 |

| | |
|---|----|
| Σχήμα 4-11. Συστολική πίεση ηρεμίας και αποκατάστασης στην όρθια και ύπτια συνθήκη. +: σημαντικές διαφορές από τις τιμές ηρεμίας κάθε συνθήκης..... | 27 |
| Σχήμα 4-12. Διαστολική πίεση ηρεμίας και αποκατάστασης στην όρθια και ύπτια συνθήκη. +: σημαντικές διαφορές από τις τιμές ηρεμίας κάθε συνθήκης..... | 27 |
| Σχήμα 4-13. Μέση αρτηριακή πίεση ηρεμίας και αποκατάστασης στην όρθια και ύπτια συνθήκη. +: σημαντικές διαφορές από τις τιμές ηρεμίας κάθε συνθήκης..... | 27 |
| Σχήμα 4-14. Καρδιακή συχνότητα στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. *: διαφορές μεταξύ των συνθηκών +: διαφορές από το 1 ^ο λεπτό..... | 29 |
| Σχήμα 4-15. Εξομαλυσμένος λόγος χαμηλού (0.04 – 0.15 Hz) προς υψηλού φάσματος (0.15 – 0.4 Hz) συχνοτήτων του διαστήματος R-R μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης | 29 |
| Σχήμα 4-16. Χαμηλό φάσμα συχνοτήτων του διαστήματος R-R για την όρθια και ύπτια αποκατάσταση | 29 |
| Σχήμα 4-17. Υψηλό φάσμα συχνοτήτων του διαστήματος R-R για την όρθια και ύπτια αποκατάσταση..... | 29 |
| Σχήμα 4-18. Ωσμωτική πίεση αίματος κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στις δύο πειραματικές συνθήκες (+ : σημαντική διαφορά από τις τιμές ηρεμίας) | 30 |
| Σχήμα 4-19. Τιμές αιματοκρίτη κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στις δύο πειραματικές συνθήκες (#, σημαντική διαφορά από τις τιμές ηρεμίας, ^: σημαντική διαφορά άσκησης και αποκατάστασης..... | 30 |
| Σχήμα 4-20. Συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στις δύο πειραματικές συνθήκες..... | 30 |
| Σχήμα 4-21. Αλλαγές (%) όγκου πλάσματος στο τέλος της άσκησης, στο τέλος της αποκατάστασης και μεταξύ τέλους άσκησης και τέλους αποκατάστασης στις δύο πειραματικές συνθήκες, +: σημαντική διαφορά με τις δυο προηγούμενες χρονικές στιγμές της ίδιας συνθήκης..... | 31 |
| Σχήμα 4-22. Ανταλλαγή ξηρής θερμότητας στις δύο πειραματικές συνθήκες. *: σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, +: σημαντική διαφορά από το πρώτο λεπτό κάθε επιμέρους συνθήκης, #: σημαντική διαφορά από την ηρεμία και για τις δύο συνθήκες (Hc _{όρθια} : 4, Hc _{ύπτια} : 2.9) | 31 |
| Σχήμα 4-23. Συσχετίσεις μεταξύ δεικτών συμπαθητικής δραστηριότητας, αρτηριακής πίεσης και δερματικής αγγειακής αντίστασης στη καθιστή αποκατάσταση..... | 32 |
| Σχήμα 4.24. Συσχετίσεις μεταξύ δεικτών συμπαθητικής – παρασυμπαθητικής δραστηριότητας και αρτηριακής πίεσης στην ύπτια αποκατάσταση | 33 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Σελίδα

| | |
|---|----|
| <i>Πίνακας 4-1.</i> Περιγραφικά στατιστικά οκτώ (8) δοκιμαζόμενων που συμμετείχαν στις μετρήσεις | 22 |
| <i>Πίνακας 4-2.</i> Συγκρίσεις ελάχιστων τιμών πίεσης μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης (Paired Samples Test).... | 28 |
| <i>Πίνακας 4-3.</i> Ελάχιστες τιμές αρτηριακής πίεσης στις δύο συνθήκες αποκαταστάσεως | 28 |
| <i>Πίνακας 4-4.</i> Τιμές ηρεμίας και ελάχιστες τιμές αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά στις δύο συνθήκες αποκαταστάσεως | 28 |
| <i>Πίνακας 4-5.</i> Σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές αντιλαμβανόμενης ανοχής στη ζέστη προασκησιακά και άλλες μετρούμενες μεταβλητές | 29 |
| <i>Πίνακας 4-6.</i> Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson r) μεταξύ θερμοκρασίας πυρήνα και άλλων μεταβλητών | 34 |
| <i>Πίνακας 4-7.</i> Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson r) μεταξύ μέσης θερμοκρασίας δέρματος και άλλων μεταβλητών..... | 34 |
| <i>Πίνακας 4-8.</i> Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson r) μεταξύ θερμοκρασίας δακτύλου (μέσος δεξιού άκρου χειρός) και άλλων μεταβλητών..... | 34 |
| <i>Πίνακας 4-9.</i> Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson r) μεταξύ αιματικής ροής στο δέρμα και άλλων μεταβλητών | 35 |
| <i>Πίνακας 4-10.</i> Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson r) μεταξύ δερματικής αντίστασης, δερματικής αγγειακής αγωγιμότητας και άλλων μεταβλητών..... | 35 |
| <i>Πίνακας 4-11.</i> Σημαντικές συσχετίσεις τιμών αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά | 36 |
| <i>Πίνακας 4-12.</i> Σημαντικές συσχετίσεις τιμών καρδιακής συχνότητας μετασκησιακά..... | 37 |
| <i>Πίνακας 4.13.</i> Σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ αλλαγών στον όγκο πλάσματος και άλλων μεταβλητών..... | 37 |



Ο Γεώργιος Ι. Μέγας υπήρξε υπότροφος για ένα ακαδημαϊκό έτος του Κοινοφελούς Ιδρύματος «Αλέξανδρος Ωνάσης»

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η άσκηση σε θερμό περιβάλλον αποτελεί έντονη πρόκληση τόσο για το θερμορρυθμιστικό όσο και για το καρδιαγγειακό σύστημα (Rowell et al., 1968; Rowell, 1974; Rowell, 1983; Sawka and Wenger, 1986; Nielsen, 1986; Brengelmann, 1983; Johnson, 1986; Gisolfi and Wenger, 1984; Johnson and Proppe, 1996; Johnson, 1992). Η αγγειοδιαστολή στους εργαζόμενους μυς για μεταβολικούς λόγους και η αγγειοδιαστολή στο δέρμα για θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις επιβάλλουν αύξηση της καρδιακής παροχής και ανακατανομή αίματος από ανενεργούς ιστούς. Υπάρχουν μάλιστα ενδείξεις εκδήλωσης συμπτωμάτων ανεπάρκειας του καρδιαγγειακού κατά την άσκηση σε θερμό περιβάλλον (Rowell, 1974; Rowell, 1983; Brengelman, 1983; Johnson and Proppe, 1996). Έχει δειχθεί ότι η αυξημένη μεταβολική παραγωγή θερμότητας και το αυξημένο θερμικό φορτίο του περιβάλλοντος, κατά την άσκηση σε θερμό περιβάλλον, οδηγούν σε προοδευτική αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα η οποία μπορεί, όχι σπάνια, να οδηγήσει τον ασκούμενο σε επικίνδυνα για τη ζωή του φαινόμενα (Hales, 1996). Η αφυδάτωση και η αύξηση της ωσμωτικότητας του αίματος επιδρούν στα θερμορρυθμιστικά κέντρα και μειώνουν τη λειτουργία των ομοιοστατικών οργάνων (ιδρωτοποιοί αδένες, αγγεία δέρματος) επιτείνοντας έτσι την ασκησιογενή υπερθερμία (Alonso et al., 2000; Coyle and Alonso, 2002; Fortney et al., 1981; Fortney et al., 1984; Johnson and Proppe, 1996; Montain and Coyle, 1992; Nadel, Fortney and Bruce, 1980; Nielsen, 1986; Nielsen, Rowell and Petersen, 1984; Seney, 1979; Takamata et al., 1995). Η πτώση της αρτηριακής πίεσης που συνοδεύει την αφυδάτωση ενεργοποιεί τους τασεοαισθητήρες (αρτηριακούς και καρδιακούς) οι οποίοι αντανακλαστικά μειώνουν την αιμάτωση του δέρματος με σκοπό τη διατήρηση της μέσης αρτηριακής πίεσης (Rowell, 1974; Rowell, 1983; Brengelmann et al., 1977; Gisolfi and Wenger, 1984; Johnson, 1992; Johnson, 1986; Johnson and Proppe, 1996; Kellog, Johnson

and Kosiba, 1990; Mack, Cordero and Peters, 2001; Nadel et al., 1979; Nadel, Fortney and Bruce, 1980; Nielsen and Davies, 1976; Nielsen, Rowell and Petersen, 1984; Roberts and Wenger, 1980; Roberts and Wenger, 1979; Seney, 1979; Seremin and Kenney, 2004). Η δράση των τασεοαισθητήρων θα οδηγήσει σε επιδείνωση της υπερθερμίας και τελικά στη διακοπή της προσπάθειας. Πρόσφατες ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει ότι η αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα αποτελεί περιοριστικό παράγοντα κατά την παρατεταμένη άσκηση ενώ φαίνεται ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη θερμοκρασία πυρήνα κατά την οποία εμφανίζεται η κόπωση (Gonzales-Alonso et al., 2000; Gonzales-Alonso et al., 1999). Νέα ερευνητικά δεδομένα έχουν φέρει στο φως πειστικές ενδείξεις ότι η αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα κατά την άσκηση επιδρά στο κεντρικό νευρικό σύστημα και κινητοποιεί μηχανισμούς διακοπής της προσπάθειας με στόχο την προστασία οργάνων και ζωτικών λειτουργιών (Nielsen et al., 1990; Nybo and Nielsen, 2001a; Nybo and Nielsen, 2001b). Η άσκηση σε θερμό περιβάλλον φαίνεται ότι μειώνει την αιμάτωση των ενεργούντων μυών (Gonzales-Alonso et al., 1999), το μέγεθος της εθελούσιας ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων (Nybo and Nielsen, 2001), τη μέση ταχύτητα διέλευσης του αίματος στη μέση εγκεφαλική αρτηρία (Nybo and Nielsen, 2001) και σχετίζεται στενά με αλλαγές στην ηλεκτροεγκεφαλική δραστηριότητα και την αντίληψη της κόπωσης (Nybo and Nielsen, 2001a; Nybo and Nielsen, 2001b). Η υπερθερμία δεν αποκλείεται να επηρεάζει και τη λειτουργία των λειτουργούντων μυών σε κυτταρικό επίπεδο μεταβάλλοντας το μεταβολισμό, τη λειτουργία ενζύμων, τη λειτουργία των μιτοχονδρίων και την πρόσληψη ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο (Febbraio, 2000). Η θερμοκρασία πυρήνα κατά την άσκηση έχει από πολύ παλιά βρεθεί ότι είναι άμεση συνάρτηση του μεταβολικού ρυθμού (και συνεπώς του ποσοστού της VO_2max) και σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε μεγάλο εύρος

τιμών (Saltin and Hermansen, 1966; Sawka and Wenger, 1988). Η πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα και οι θερμορυθμιστικές αποκρίσεις κατά την άσκηση σε θερμό και ουδέτερο περιβάλλον έχουν μελετηθεί εκτεταμένα (Adams, Fox and MacDonald, 1975; Brengelmann, 1983; Gisolfi and Wenger, 1984; Irion, 1987; Johnson, 1992; Johnson, 1996; Nadel et al., 1979; Nielsen, 1986; Nielsen et al., 1993; Nielsen et al., 1997; Rowell, 1974; Rowell, 1983; Sawka and Wenger, 1988; Wyndham et al., 1970).

Ελάχιστα είναι τα δεδομένα της βιβλιογραφίας σχετικά με τη πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα κατά την αποκατάσταση μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Υπάρχουν από πολύ παλιά αναφορές ότι η θερμοκρασία πυρήνα εξακολουθεί να αυξάνεται κατά την αποκατάσταση μετά από άσκηση σε θερμό περιβάλλον. Αυτές οι αναφορές όμως έμειναν στο επίπεδο των παρατηρήσεων. Ο Wyndham (1959) ήταν από τους πρώτους που παρατήρησε ότι η θερμοκρασία ορθού εξακολούθησε να αυξάνεται κατά την αποκατάσταση μετά από παρατεταμένη βαθμιδοεργομέτρηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Οι Saltin *et al.* (1972) παρατήρησαν ότι η θερμοκρασία οισοφάγου εξακολούθησε να αυξάνεται για μερικά λεπτά κατά την αποκατάσταση μετά από εξαντλητική άσκηση στους 40 °C. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε αύξηση του ρυθμού εφίδρωσης. Οι ερευνητές απλώς επεσήμαναν το γεγονός. Μετασκησιακή αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα παρατήρησε και ο Rowell (1966) όταν οι δοκιμαζόμενοι ασκήθηκαν στους 43.3 °C. Οι Kilgour et al (1993) επεσήμαναν ότι η θερμοκρασία ορθού συνέχισε να αυξάνεται κατά την αποκατάσταση για 10-15 λεπτά σε δοκιμαζόμενους οι οποίοι ασκήθηκαν φορώντας πλαστικές στολές. Οι Banister και Geladas (1988) παρατήρησαν δραματική αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα μετά από παρατεταμένη άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον (45% VO_2max , θερμοκρασία περιβάλλοντος: 38 °C, σχετική υγρασία: 90-95%). Η θερμοκρασία πυρήνα συνέχισε να

αυξάνεται για 9 με 12 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης και το εύρος της αύξησης κυμαινόταν μεταξύ 0.1 και 4.2 °C. Δυστυχώς, η παρατήρηση αυτή, όπως αναφέρουν και οι ίδιοι οι ερευνητές, δε συνοδεύτηκε από μετρήσεις άλλων μεταβλητών. Η πρώτη συστηματική παρατήρηση της πορείας της θερμοκρασίας πυρήνα μετασκησιακά έγινε από το Thoden (1994), ο οποίος παρατήρησε ότι η θερμοκρασία οισοφάγου παρέμεινε αυξημένη, σε σχέση με τα προασκησιακά επίπεδα, για 65 λεπτά. Η θερμοκρασία αυτής της μετασκησιακής επιπέδωσης (plateau) στη θερμοκρασία οισοφάγου συσχετιζόταν στενά με την τιμή κατά την οποία άρχιζε η αγγειοδιαστολή στο δέρμα κατά την άσκηση. Ο Kenny (1996, 1997, 1999, 2002) σε μια σειρά μελετών του κατέδειξε ότι η αυξημένη θερμοκρασία οισοφάγου, σε σχέση με τα προασκησιακά επίπεδα, δε σχετίζεται με το θερμικό φορτίο αυτό καθαυτό αλλά με ασκησιογενείς παράγοντες. Επιπλέον, η σχέση μεταξύ της μετασκησιακής θερμοκρασίας οισοφάγου (μετασκησιακό επιπέδωση) και της θερμοκρασίας έναρξης της αγγειοδιαστολής στο δέρμα κατά την άσκηση, παραμένει αναλλοίωτη κάτω από διαφορετικές εντάσεις άσκησης και θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Παρόλο που οι ερευνητές παρατήρησαν αύξηση στη θερμοκρασία του ορθού μετά από άσκηση σε θερμό περιβάλλον, έδωσαν έμφαση μόνο στη θερμοκρασία οισοφάγου. Οι Kenny et al (1999) πρότειναν ότι η αυξημένη θερμοκρασία οισοφάγου μετασκησιακά οφείλεται σε αλλαγή στο “σημείο αναφοράς” (set-point) των θερμορυθμιστικών κέντρων. Πρόσφατη έρευνα από τους Kenny et al (2003) κατέδειξε ότι το κατώφλι έναρξης της εφίδρωσης αυξάνεται όταν έχει προηγηθεί άσκηση διαφορετικών εντάσεων. Η δράση των τασεοαισθητήρων (λόγω μετασκησιακής υπότασης) πιθανόν να εμπλέκεται στη μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας μειώνοντας την αιματική ροή στο δέρμα και άρα την ικανότητα για αποβολή θερμότητας (Jackson and Kenny, 2003). Οι ερευνητές πρότειναν επίσης κάποιους δυνητικούς παράγοντες που πιθανόν να συμβάλουν στην εμφάνιση της

μετασκησιακής υπερθερμίας μεταβάλλοντας τη θερμοευαισθησία των υποθαλάμιων θερμορυθμιστικών κέντρων. Όπως για παράδειγμα αναφέρουν: Ενδοκρινικές αλλαγές, αλλαγές σε διάφορους μεταβολίτες, ωσμωτικότητα, LPS, IL-1, α-INF, TNF, TRH και νορεπινεφρίνη, ντοπαμίνη

Από τα μέχρι τώρα δεδομένα συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντική έλλειψη στοιχείων για το μηχανισμό ο οποίος προκαλεί την επιπέδωση στη θερμοκρασία οισοφάγου. Επίσης, ανύπαρκτα είναι τα στοιχεία για το μηχανισμό που προκαλεί τη μετασκησιακή αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα. Η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα μετά τη διακοπή της προσπάθειας μπορεί δυνητικά να θέσει σε κίνδυνο την υγεία του αθλητή όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η ένταση της προηγούμενης άσκησης είναι αρκετά αυξημένη (Hales, 1996). Επισημαίνεται ότι όλες οι παραπάνω έρευνες που μελετούν τη μετασκησιακή αποκατάσταση στη θερμοκρασία πυρήνα του σώματος διεξήχθησαν σε περιβάλλον με χαμηλή υγρασία. Ανύπαρκτα είναι τα στοιχεία γύρω από την επίδραση του ζεστού και υγρού περιβάλλοντος στη μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας πυρήνα. Ο συνδυασμός υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας αναμένεται να μεγεθύνει τη μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας πυρήνα. Η άποψη αυτή στηρίζεται από τα δεδομένα των Banister και Geladas (1988) οι οποίοι παρατήρησαν δραματική αύξηση της θερμοκρασίας ορθού μετασκησιακά όταν η άσκηση διεξήχθη σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος. Ο μηχανισμός που προκαλεί αυτό το φαινόμενο παραμένει άγνωστος και αδιευκρίνιστος. Μπορούμε όμως να υποθέσουμε τα εξής: Θεωρητικά, η αύξηση της αιματικής ροής στο δέρμα κατά την άσκηση (για θερμορυθμιστικούς λόγους) οδηγεί σε ανακατανομή αίματος προς τη περιφέρεια προκαλώντας εντονότερη μετασκησιακή υπόταση και αντανακλαστικές αιμοδυναμικές αντιδράσεις μέσω τασσοαισθητήρων για τη διατήρηση της μέσης αρτηριακής πίεσης (Johnson and Proppe, 1996; Rowell, 1983). Αυτό οδηγεί τελικά σε δερματική αγγειοσυστολή και

δυνητικά μειώνει την ικανότητα για αποβολή θερμότητας (Johnson, 1986; Johnson and Proppe, 1996; Mack et al., 2003; Rowell, 1983). Επιπλέον, η αυξημένη εφίδρωση οδηγεί σε αφυδάτωση και σε επίταση της υπερθερμίας μέσω δύο μηχανισμών:

1. Μέσω μείωσης του όγκου πλάσματος και αντανακλαστική απόκριση των τασσοαισθητήρων για διατήρηση της μέσης αρτηριακής πίεσης (δερματική αγγειοσυστολή) (Gonzales-Alonso et al., 2000; Rowell, 1974; Nadel et al., 1980)
2. Μέσω επίδρασης της αφυδάτωσης και της αυξημένης ωσμωτικότητας στα θερμορυθμιστικά κέντρα και όργανα (υποθαλάμιοι πυρήνες, δερματικά αγγεία, ιδρωτοποιοί αδένες) (Fortney et al., 1984; Johnson, 1986; Johnson and Proppe, 1996; Nielsen, 1986)

Η διακοπή της άσκησης συνοδεύεται από πτώση της καρδιακής παροχής και της αιματικής ροής και άρα από μειωμένη δυνατότητα αποβολής θερμότητας από τον πυρήνα προς τη περιφέρεια. Επιπρόσθετα, μπορεί να υποτεθεί ότι η υψηλή θερμότητα που εμπεριέχεται στους μυς μετασκησιακά δε μπορεί να αποβληθεί αποτελεσματικά συμβάλλοντας έτσι στην εμφάνιση του φαινομένου της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα μιας και πρόσφατα δεδομένα έχουν δείξει ότι η θερμοκρασία του μυός παραμένει σημαντικά αυξημένη για αρκετά λεπτά μετά τη διακοπή της προσπάθειας (Kenny et al., 2003). Εναλλακτικά, η μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας πυρήνα μπορεί να οφείλεται σε ανακατανομή θερμότητας από διάφορες περιοχές (κυρίως πρότερα εργαζόμενοι μυς) στη περιοχή των σπλάχνων.

Όλοι οι παραπάνω υποτιθέμενοι μηχανισμοί εξήγησης της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα σώματος αναμένεται να εκδηλώνονται εντονότερα σε υγρό και θερμό περιβάλλον (μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα, μεγαλύτερη αφυδάτωση, μεγαλύτερη ωσμωτικότητα) από ότι σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Έμφαση τέλος πρέπει να δοθεί και στο τύπο της αποκατάστασης. Πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα έχουν καταστήσει

σαφές ότι η μετασκησιακή θερμορύθμιση επηρεάζεται άμεσα από τον τύπο της αποκατάστασης (ανεργός, παθητική, ενεργητική). Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι ο ρυθμός εφίδρωσης μετασκησιακά επηρεάζεται από μη θερμορυθμιστικούς παράγοντες όπως η δράση των μηχανοαισθητήρων και μεταβολοαισθητήρων του μυός και την κεντρική εντολή (Shibasaki et al., 2001; Shibasaki et al., 2003; Shibasaki et al., 2004; Carter et al., 2002; Wilson et al., 2004; Journeau et al., 2004). Μετασκησιακά, η αγωγιμότητα των δερματικών αγγείων έχει πρόσφατα φανεί ότι επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη δράση των τασεοαισθητήρων ενώ φαίνεται πως ο ρυθμός εφίδρωσης τροποποιείται από διαφορετικούς μηχανισμούς και δεν επηρεάζεται από τη δράση των τασεοαισθητήρων μετασκησιακά (Carter et al., 2002; Wilson et al., 2004; Journeau et al., 2004). Από τις παραπάνω έρευνες εξάγεται ότι η ενεργητική αποκατάσταση (κεντρική εντολή, μηχανοαισθητήρες και μεταβολοαισθητήρες μυός) θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη εφίδρωση και αιματική ροή στο δέρμα σε σχέση με την ανεργό αποκατάσταση (Shibasaki et al., 2001; Shibasaki et al., 2003; Shibasaki et al., 2004; Carter et al., 2002; Wilson et al., 2004; Journeau et al., 2004). Επιπλέον, αν η αποκατάσταση γίνει σε ύπτια θέση η αγωγιμότητα των δερματικών αγγείων έχει φανεί ότι δε διαφέρει μεταξύ παθητικής, ενεργητικής και ανεργού αποκατάστασης. Αυτό υποδηλώνει τη σημαντική επίδραση των τασεοαισθητήρων στη μετασκησιακή θερμορυθμιστική απάντηση (Wilson et al., 2004). Αποκατάσταση σε ύπτια θέση, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών, υποθέτουμε ότι θα συνοδευτεί από δυνατότητα αύξησης της αιματικής ροής στο δέρμα λόγω απόσυρσης της αγγειοσυσταλτικής δράσης των τασεοαισθητήρων. Ερεθισμός των μηχανοϋποδοχέων και μεταβολοϋποδοχέων του μυός (ενεργητική ή παθητική αποκατάσταση, απόφραξη κυκλοφορίας) καθώς και ενεργοποίηση της κεντρικής εντολής (ενεργητική αποκατάσταση) υποθέτουμε ότι θα οδηγήσουν σε αύξηση του

ρυθμού εφίδρωσης μετασκησιακά καθώς και σε δυνατότητα αύξησης της αιματικής ροής στο δέρμα λόγω αύξησης της καρδιακής παροχής. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών εξήχθησαν από μελέτες σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Δεν υπάρχουν δεδομένα για την επίδραση των διαφορετικών τύπων αποκατάστασης όταν η άσκηση γίνεται σε θερμό και υγρό περιβάλλον και πώς μπορεί να επηρεάσει ο τύπος αποκατάστασης το φαινόμενο της μετασκησιακής ανύψωσης θερμοκρασίας πυρήνα. Φαίνεται πάντως ότι με τη χρήση συγκεκριμένου πρωτοκόλλου αποκατάστασης μπορούμε να επιτύχουμε αύξηση της απώλειας θερμότητας.

Συμπεραίνουμε ότι, τα ερευνητικά δεδομένα γύρω από το φαινόμενο της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα και του μηχανισμού που το προκαλεί είναι ανύπαρκτα. Οι μέχρι τώρα μελέτες δεν έχουν ρίξει φως στους μηχανισμούς που πιθανόν να εμπλέκονται στο φαινόμενο αυτό. Επιπλέον, κανένας από τους υποτιθέμενους παράγοντες που έχει προταθεί από τη βιβλιογραφία ότι μπορεί να επιδρά στην εμφάνιση του φαινομένου (ωσμωτικότητα, ορμόνες, δράση τασεοαισθητήρων, μεταβολίτες, κυτταροκίνες, LPS) δεν έχει μετρηθεί ή αξιολογηθεί συστηματικά. Αξιοσημείωτο επίσης είναι ότι όλες οι μελέτες έχουν διεξαχθεί σε θερμό και ξηρό περιβάλλον. Δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα όσον αφορά την επίδραση του συνδυασμού υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας στη μετασκησιακή πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα καθώς και πώς επιδρούν οι διαφορετικοί τύποι αποκατάστασης (διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος, ύπτια ή όρθια θέση, ενεργός ή παθητική αποκατάσταση) στο παραπάνω φαινόμενο.

1.1. Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει το φαινόμενο της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα καθώς και το πώς μεταβάλλεται η πορεία της θερμοκρασίας σώματος και η θερμορυθμιστική απόκριση μετασκησιακά με διαφορετικούς τρόπους αποκατάστασης σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Επιπλέον θα

διερευνηθεί για πρώτη φορά η πορεία και το μέγεθος πτώσης της αρτηριακής πίεσης και η σχέση της με θερμορυθμιστικές και αυτόνομες αποκρίσεις.

1.2. Σημασία του προβλήματος

Τα ευρήματα της μελέτης θα αναζητήσουν για πρώτη φορά τους μηχανισμούς που συμβάλλουν στην εμφάνιση του φαινομένου της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα. Η αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα μετασκησιακά μπορεί να θέσει σε άμεσο κίνδυνο τη ζωή του αθλούμενου, όταν η προσπάθεια γίνεται σε θερμό περιβάλλον και σε υψηλές εντάσεις άσκησης, αυξάνοντας το κίνδυνο θερμοπληξίας και την πιθανότητα ενδοτοξαιμίας (Lambert, 2004). Τα ευρήματα της μελέτης θα διαλευκάνουν τις αιτίες του φαινομένου και θα ανοίξουν το δρόμο για καλύτερη κατανόηση της θερμορυθμιστικής απόκρισης των ασκούμενων μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Η έλλειψη επιστημονικών δεδομένων γύρω από το φαινόμενο της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα καθιστούν επιτακτική την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος. Θα μελετηθεί για πρώτη φορά το μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης μιας και δεν υπάρχει καμία συστηματική μελέτη για τη πορεία της αρτηριακής πίεσης μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον.

1.3. Διερευνητικά ερωτήματα

- Πως μεταβάλλεται η πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα μετασκησιακά όταν η αποκατάσταση γίνεται σε διαφορετικές θέσεις σώματος (ύπτια - όρθια θέση);
- Ποιος είναι ο ρόλος των τασεοαισθητήρων και του συμπαθητικού νευρικού συστήματος στην εμφάνιση του φαινομένου της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα;
- Σχετίζεται το μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης με το μέγεθος της μετασκησιακής αύξησης της θερμοκρασίας πυρήνα;

- Ποιος είναι ο ρόλος της αιματικής ροής στο δέρμα στην εμφάνιση και την έκταση του φαινομένου της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα;
- Συμβάλλει η αυξημένη ωσμωτικότητα αίματος και η αφυδάτωση στην εμφάνιση του φαινομένου;

1.4. Ερευνητικές υποθέσεις

- Η αποκατάσταση σε όρθια – καθιστή θέση (σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος) θα οδηγήσει, μέσω τασεοαισθητήρων, σε μεγαλύτερη δερματική αγγειοσυστολή μετασκησιακά και σε μείωση της δυνατότητας απώλειας θερμότητας σε σχέση με την αποκατάσταση σε ύπτια θέση.
- Η αποκατάσταση σε ύπτια θέση θα οδηγήσει σε διαφοροποίηση των θερμορυθμιστικών αποκρίσεων σε σχέση με την αποκατάσταση σε όρθια θέση αμβλύνοντας την αντανακλαστική αγγειοσυστολή στο δέρμα (μέσω τασεοαισθητήρων) και βελτιώνοντας την απώλεια θερμότητας μέσω μεταγωγής.

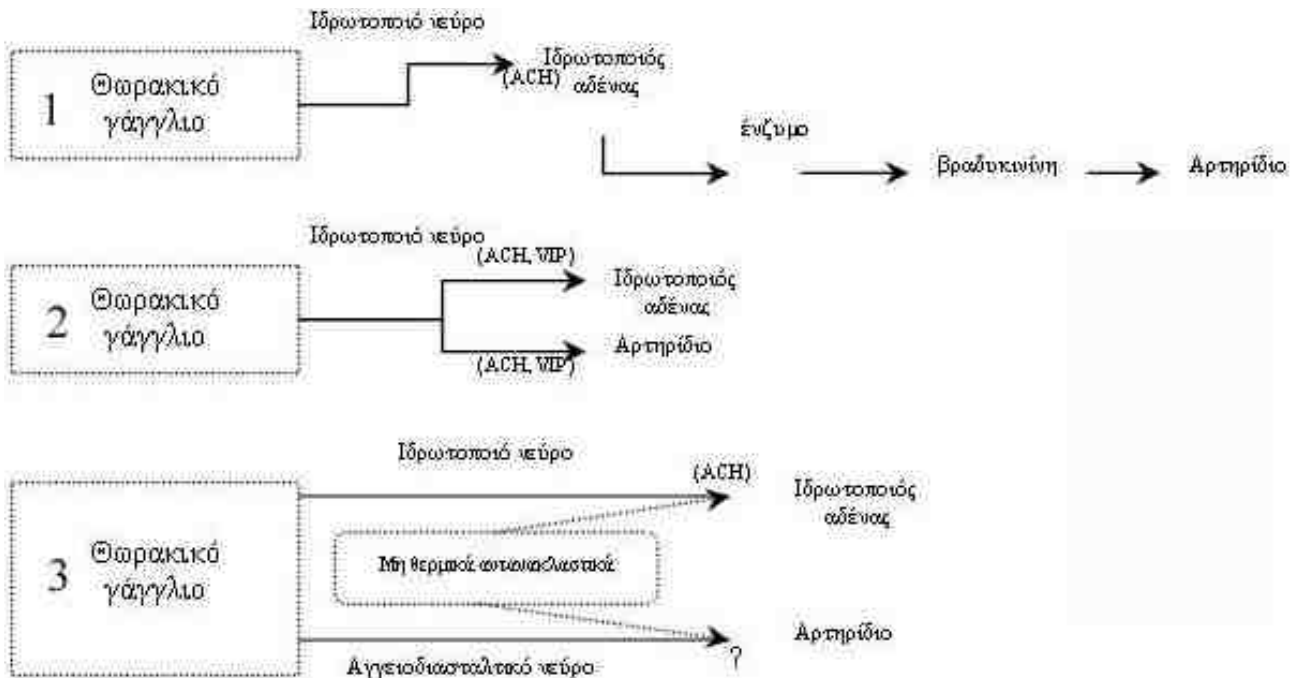
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Θερμορύθμιση κατά την ημερία

Η έκθεση σε θερμό περιβάλλον κινητοποιεί συμπεριφορικές και φυσιολογικές αποκρίσεις για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος σε φυσιολογικά επίπεδα (Benzinger, 1969; Johnson and Proppe, 1996). Η βάση για τη ποσοστοποίηση της επίδρασης του

αρνητικό ή θετικό έργο ($\pm W$). Οι τρόποι ανταλλαγής θερμότητας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες:

1. Μηχανισμοί ανταλλαγής ζήτησης ή «αισθητής» θερμότητας (αγωγή, μεταγωγή και ακτινοβολία)
2. Μηχανισμοί ανταλλαγής «μη-αισθητής» (insensible) θερμότητας (εξάτμιση ιδρώτα)



Σχήμα 2.1. Οι κυριότερες θεωρίες για το μηχανισμό της ενεργού αγγειοδιαστολής στα αγγεία του δέρματος.

- 1) Συμπαθητική χολινεργική ενεργοποίηση των ιδρωτοποιών αδένων οδηγεί στην απελευθέρωση ενζύμου το οποίο οδηγεί σε σχηματισμό βραδυκίνης προκαλώντας αγγειοδιαστολή.
- 2) Ξεχωριστές συμπαθητικές χολινεργικές ίνες νευρώνουν τα αγγεία του δέρματος και τους ιδρωτοποιούς αδένες. Η αγγειοδιαστολή πραγματοποιείται μέσω της ακετυλοχολίνης ή του εντερικού αγγειοδραστικού πεπτιδίου (VIP).
- 3) Ξεχωριστά συμπαθητικά αγγειοδιασταλτικά νεύρα, μέσω άγνωστου προς το παρόν νευρομεταβιβαστή, προκαλούν την ενεργό αγγειοδιαστολή στα αγγεία του δέρματος. Μη θερμορυθμιστικοί παράγοντες τροποποιούν την ενεργό αγγειοδιαστολή επιδρώντας στους παραπάνω νευρώνες (Τροποποιημένο από Johnson and Proppe, 1996)

θερμικού περιβάλλοντος στον οργανισμό δίνεται από τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής (Sawka and Wenger, 1988):

$$S = M - (\pm W) - E \pm R \pm C \pm K \quad [W * m^{-2}]$$

Η απελευθέρωση θερμότητας από τον οργανισμό αντιπροσωπεύεται από το μεταβολισμό (M). Η ανταλλαγή θερμότητας πραγματοποιείται μέσω εξάτμισης (E), μεταγωγής (K), αγωγής (C) ή μέσω ακτινοβολίας (R). Η υπόλοιπη ενέργεια είναι

Ο ανθρώπινος οργανισμός διατηρεί σταθερή την εσωτερική του θερμοκρασία ($37^{\circ}C$) μεταβάλλοντας το μεταβολισμό του, αυξάνοντας ή μειώνοντας τις θερμικές του απώλειες ή και με τους δύο τρόπους (Benzinger, 1969; Johnson and Proppe, 1996). Η προσαρμοστικότητα του ανθρώπου είναι καλύτερη σε θερμό παρά σε ψυχρό περιβάλλον (Johnson and Proppe, 1996). Τα κύρια θερμορυθμιστικά όργανα του

ανθρώπου είναι τα εξής (Benzinger, 1969; Johnson and Proppe, 1996):

- *Ιδρωτοποιοί αδένες*
- *Τριχοειδή και αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις δέρματος*
- *Αναπνευστικό σύστημα*

Η ανίχνευση θερμικών ερεθισμάτων γίνεται μέσω θερμοαισθητήρων οι οποίοι διακρίνονται σε αισθητήρες θερμού και ψυχρού. Ανιχνεύονται κυρίως στην επιφάνεια του δέρματος και τις βλεννώδεις επιπολής επιφάνειες του αναπνευστικού συστήματος. Ενδείξεις υπάρχουν για ύπαρξη αισθητήρων σε βαθύτερες περιοχές στους μυς, τις μεγάλες φλέβες και τη σπονδυλική στήλη (Benzinger, 1969; Boulant, 1996; Gisolfi and Wenger, 1984; Johnson and Proppe, 1996; Pierau, 1996). Οι θερμοαισθητήρες στην επιφάνεια του δέρματος δε συμμετέχουν μόνο στην αίσθηση του κρύου και του ζεστού αλλά συμμετέχουν επίσης στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος, της τοπικής αιματικής ροής και της εφίδρωσης (Pierau, 1996). Οι πληροφορίες από τους θερμοϋποδοχείς της επιφάνειας και των βαθύτερων στρωμάτων συγκρίνονται μεταξύ τους και ολοκληρώνονται σε εξειδικευμένους νευρώνες του Κ.Ν.Σ οι οποίοι με τη σειρά τους εκκινούν συμπεριφορικές και φυσιολογικές αποκρίσεις (Benzinger, 1969; Boulant, 1996). Μελέτες σε ζώα έχουν δείξει νευρικούς σχηματισμούς μέσα και πλησίον του ραμφοειδούς υποθαλάμου οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στη θερμορύθμιση (Boulant, 1996). Ο διαφραγματικός και προοπτικός πρόσθιος υποθάλαμος περιέχουν νευρώνες με χαρακτηριστικά απαραίτητα στη θερμορύθμιση. Οι παραπάνω θερμοευαίσθητοι νευρώνες αντιδρούν επιπλέον σε μη – θερμικά ερεθίσματα που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του σώματος όπως η συγκέντρωση γλυκόζης, η ωσμωτικότητα, διάφορες ορμόνες κ.α (Boulant, 1996). Η λειτουργία των παραπάνω νευρώνων επηρεάζεται από τη λειτουργία του παρακείμενου υπερχιασματικού πυρήνα ο οποίος παίζει σημαντικό ρόλο στους βιορυθμούς και την ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του σώματος (Boulant, 1996;

Stephenson et al., 1984). Τα υποθαλάμια κέντρα ρυθμίζουν τη λειτουργία των θερμορρυθμιστικών οργάνων μέσω της δράσης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος ενεργοποιεί θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις οι οποίες κινητοποιούν κατά κύριο λόγο το καρδιαγγειακό σύστημα και τους ιδρωτοποιούς αδένες. Παρακάτω γίνεται επισκόπηση των καρδιαγγειακών αποκρίσεων σε θερμικό φορτίο.

2.2. Καρδιαγγειακές αποκρίσεις σε θερμικό φορτίο στην ηρεμία

2.2.1. Αιματική ροή στο δέρμα

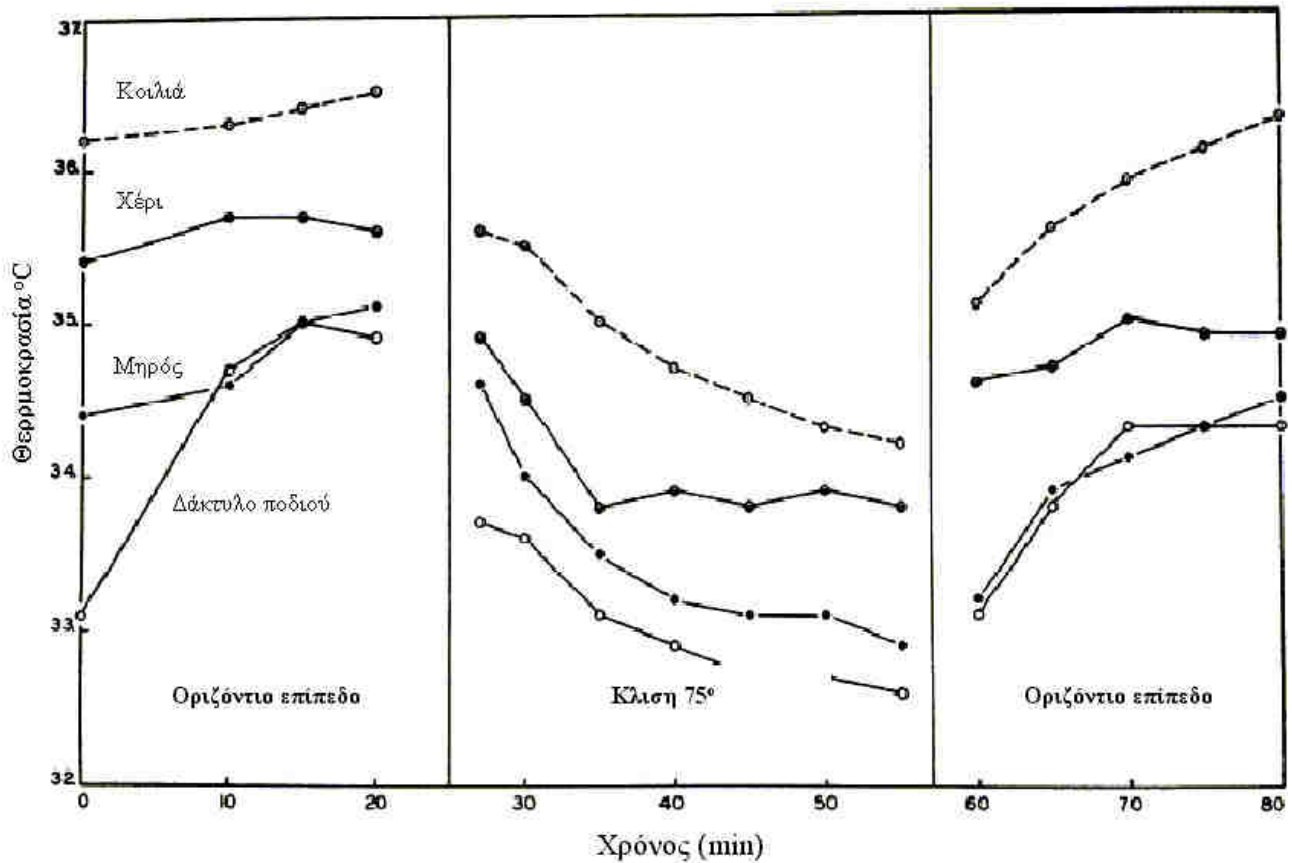
Ο ρόλος του καρδιαγγειακού συστήματος στο θερμικό στρες είναι η μεταφορά θερμότητας στην επιφάνεια για την αποβολή της. Άμεσα συνυφασμένη με αυτή τη λειτουργία είναι η αύξηση της αιματικής ροής στο δέρμα και σε άλλες επιφάνειες που μπορεί να γίνει ανταλλαγή θερμότητας (Johnson and Proppe, 1996). Η μέγιστη αιματική ροή στο δέρμα έχει υπολογιστεί ότι μπορεί να φτάσει (σε άνθρωπο μέσου μεγέθους) τα 8 λίτρα ανά λεπτό. Αυτό γίνεται τόσο μέσω αύξησης της καρδιακής παροχής όσο και μέσω ανακατανομής αίματος από άλλες περιοχές (Rowell, 1974; Rowell, 1983; Johnson and Proppe, 1996). Η αυξημένη αιματική ροή στο δέρμα κατανέμεται σε δύο τύπους αγγείων: τριχοειδή και αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις. Υπάρχουν τρεις κύριοι μηχανισμοί μέσω των οποίων γίνεται αύξηση της αιματικής ροής στο δέρμα, κατά την έκθεση σε θερμό περιβάλλον:

1. *Μειωμένη δραστηριότητα του συμπαθητικού αγγειοσυσταλτικού συστήματος (παθητική αγγειοδιαστολή)*
2. *Αυξημένη δραστηριότητα του συμπαθητικού αγγειοδιασταλτικού συστήματος (ενεργός αγγειοδιαστολή)*
3. *Άμεση επίδραση της τοπικής θερμοκρασίας στα αγγεία του δέρματος*

Αγγειοσυσταλτικές ίνες του συμπαθητικού συστήματος νευρώνουν τα τριχοειδή και τις αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις του δέρματος των άκρων (acral skin) όσο και του υπόλοιπου δέρματος (non acral skin) (Johnson, 1986; Johnson, 1992; Johnson and

Proppe, 1996). Η τονική αγγειοσυσταλτική δραστηριότητα φαίνεται να λειτουργεί σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (Johnson, 1986; Johnson, 1992; Johnson and Proppe, 1996). Παρόλο που μεγάλο μέρος της αύξησης της αιματικής ροής στο δέρμα, κατά την έκθεση σε θερμό περιβάλλον, γίνεται μέσω του ενεργού αγγειοδιασταλτικού μηχανισμού, έμφαση πρέπει να δοθεί και στο ρόλο του αγγειοσυσταλτικού μηχανισμού. Ο Brengelman (1983) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, μέσω τροποποίησης της λειτουργίας μόνο του αγγειοσυσταλτικού μηχανισμού, μπορεί να αποβληθεί μεγάλο μέρος του θερμικού φορτίου. Το μεγαλύτερο μέρος της ζωής μας περνά με θερμοκρασίες

μηχανισμός είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός αύξησης της αιματικής ροής στο δέρμα κατά την διάρκεια υψηλών θερμικών εντάσεων. Οι υπάρχουσες μελέτες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αιματική ροή στο δέρμα των άκρων του κορμού και του προσώπου (εκτός των χειλών) ελέγχεται από την ύπαρξη του ενεργού αγγειοδιασταλτικού μηχανισμού (Johnson and Proppe, 1996). Ο μηχανισμός της ενεργού αγγειοδιαστολής στα αγγεία του δέρματος δεν είναι γνωστός. Οι τρεις υποθετικοί μηχανισμοί που έχουν προταθεί απεικονίζονται στο Σχήμα 2.2. Η υπάρχουσα γνώση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ενεργός αγγειοδιαστολή γίνεται με την μεσολάβηση άγνωστου προς το παρόν συμμεταβιβαστή από συμπαθητικές χολινεργικές ίνες (Kellogg



Σχήμα 2.2. Θερμοκρασίες υποδόριων ιστών στην ύπτια και κάθετη κεκλιμένη (75°) θέση (από Mayerson and Toth, 1938)

σώματος οι οποίες ελέγχονται με τροποποίηση της λειτουργίας του αγγειοσυσταλτικού μηχανισμού. Η εφίδρωση και ο ενεργός αγγειοδιασταλτικός μηχανισμός τίθενται σε λειτουργία όταν το θερμικό φορτίο γίνει αρκετά υψηλό (Johnson and Proppe, 1996). Ο ενεργός αγγειοδιασταλτικός

et al., 1994). Τέλος, πρόσφατα δεδομένα έχουν δείξει ότι η απελευθέρωση βραδυκινίνης από τους ιδρωτοποιούς αδένες ενεργοποιεί τη συνθετάση του μονοξειδίου του αζώτου (eNOS) στο επιθήλιο των δερματικών αγγείων προάγοντας την απελευθέρωση μονοξειδίου του αζώτου (NO)

το οποίο αποτελεί ισχυρότατο αγγειοδιασταλτικό παράγοντα (Lauer et al., 2003).

2.3. Θέση σώματος και θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις στην ηρεμία

Η κύρια διαφορά μεταξύ όρθιας και ύπτιας θέσης είναι η μετατόπιση μεγάλου όγκου αίματος κάτω από το επίπεδο της καρδιάς. Υπολογίζεται ότι περίπου 500 ml αίματος μετακινούνται στα κάτω άκρα και άλλα 300 ml στη περιοχή της λεκάνης (Rowell, 1993). Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις για τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης δεδομένου ότι στην όρθια θέση το μεγάλο μέρος αίματος βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της καρδιάς και μάλιστα σε ενδοτικά φλεβικά δίκτυα που δυσχεραίνουν την επιστροφή του στο δεξιό κόλπο. Οι κύριες φυσιολογικές αποκρίσεις που συναντάμε κατά τη μετάβαση από την ύπτια στην όρθια θέση είναι οι εξής (Rowell, 1993):

- *Αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας*
- *Αύξηση της καρδιακής συχνότητας*
- *Αύξηση της περιφερικής αντίστασης των αγγείων*
- *Πτώση στην αρτηριακή πίεση, τη πίεση του δεξιού κόλπου και του όγκου παλμού*
- *Μείωση του κεντρικού όγκου αίματος και της καρδιακής παροχής*
- *Μείωση της αιμάτωσης του πύξη και των νεφρών.. Αύξηση της δράσης του συστήματος ρενίνης – αγγειοτενσίνης - αλδοστερόνης*

Η αύξηση στη καρδιακή συχνότητα γίνεται πολύ γρήγορα μέσω επίδρασης του πνευμογαστρικού νεύρου σε διάστημα ενός παλμού σε απάντηση στη μετακίνηση όγκου αίματος προς τα άκρα και την επακόλουθη μείωση της πίεσης στο δεξιό κόλπο. Η καρδιακή παροχή διατηρείται σταθερή για μερικούς παλμούς μέσω των αποθεμάτων αίματος της πνευμονικής κυκλοφορίας. Μετά από αυτές τις αποκρίσεις έχουμε επέμβαση του συμπαθητικού συστήματος για τη διατήρηση της καρδιακής παροχής μέσω αύξησης της συσταλτικότητας του μυοκαρδίου και περιφερικής αγγειοσυστολής.

Αυτό επιτυγχάνεται και μέσω της δράσης των τασεοαισθητήρων οι οποίοι τείνουν να αυξήσουν τη φλεβική επιστροφή και να διατηρήσουν τη καρδιακή παροχή (Rowell, 1993). Είναι φανερό ότι η περιφερική κυκλοφορία είναι στόχος ομοιοστατικών μηχανισμών για τη διατήρηση της πίεσης στην όρθια θέση. Η δερματική κυκλοφορία κατέχει ξεχωριστή θέση δεδομένου του θερμορρυθμιστικού της ρόλου και του μεγάλου όγκου αίματος που μπορεί να κατανεμηθεί στο φλεβικό της δίκτυο. Η όρθια θέση συνοδεύεται από δερματική αγγειοσυστολή. Η αγγειοσυστολή έχει φανεί ότι κατευθύνεται και στα αγγειακά πλέγματα των νεφρών, των σπλάχνων και των μυών. Αυτό φαίνεται πως γίνεται αντανακλαστικά μέσω αλλαγών στον όγκο αίματος κεντρικά και πιθανόν μέσω επίδρασης αισθητήρων στο λαβύρινθο του αυτιού (Rowell, 1983).

Υπάρχουν πολύ παλιές έρευνες που έχουν καταγράψει σημαντικές αλλαγές στη θερμορρυθμιστική απόκριση μεταξύ ύπτιας και όρθιας ή καθιστής θέσης στην ηρεμία. Οι Nielsen et al (1938) παρατήρησαν ότι όρθια θέση σε σχέση με την ύπτια συνοδεύεται από πτώση στη θερμοκρασία δέρματος και αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα. Οι Mayerson and Toth (1938) παρατήρησαν ότι οι θερμοκρασίες δέρματος και υποδόριου ιστού έπεσαν σημαντικά όταν το άτομο τοποθετήθηκε επικλινές σε γωνία 75° μετά από ύπτια κατάκλιση. Οι θερμοκρασίες ακολούθησαν αυξητική πορεία και επανήλθαν στα ίδια επίπεδα όταν το άτομο επανήλθε σε οριζόντια θέση. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η όρθια θέση συνοδεύεται από περιφερική αγγειοσυστολή που κατανέμεται όχι μόνο στα σπλάχνα, όπως απέδειξαν οι Hill and Barnard, αλλά στο δέρμα και τους υποδόριους ιστούς. Απέδωσαν τα ευρήματά τους σε αντανακλαστική απόκριση των τασεοαισθητήρων λόγω μετακίνησης αίματος στα κάτω άκρα και επακόλουθη μείωση στην αρτηριακή πίεση. Οι Kobayashi et al (1980) κατέγραψαν σημαντικά μεγαλύτερες θερμοκρασίες δέρματος στην ύπτια θέση σε σχέση με τη καθιστή μετά από παραμονή σε θερμό και υγρό περιβάλλον χωρίς αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα. Είναι λοιπόν

φανερό ότι η ύπτια θέση ευνοεί την αποβολή θερμότητας ενώ αντίθετα, η όρθια θέση μέσω αντανakλαστικών μηχανισμών για τη διατήρηση της πίεσης συνοδεύεται από δερματική αγγειοσυστολή.

2.4. Μετασκησιακή υπόταση

Μετασκησιακή υπόταση ορίζεται η πτώση των τιμών αρτηριακής πίεσης μετά από υπομέγιστη άσκηση σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά της ηρεμίας (Kenny and Seals, 1993). Το φαινόμενο μπορεί να προκληθεί μετά από διαφορετικούς τύπους άσκησης που κινητοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες, έχουν υπομέγιστη ένταση πάνω από το 40% της VO_2peak και διάρκεια μεταξύ 20 και 60 λεπτών. Το μέγεθος πτώσης σε νορμοτασικούς δοκιμαζόμενους έχει φανεί ότι είναι για τη συστολική πίεση 8 με 10 mmHg και 3 με 5 mmHg για τη διαστολική πίεση (Kenny and Seals, 1993). Έχει παρατηρηθεί ότι διαρκεί τουλάχιστον δύο ώρες σε υγιείς ασκούμενους και πάνω από 24 ώρες σε υπερτασικούς ασθενείς (Halliwill, 2001). Το φαινόμενο έχει κλινική σπουδαιότητα για τη συνταγογραφία άσκησης σε υπερτασικούς ασθενείς καθώς και για ασφαλή αποκατάσταση μετά από παρατεταμένη άσκηση για την αποφυγή λιποθυμικών συμπτωμάτων. Ο ακριβής μηχανισμός πρόκλησής του παραμένει άγνωστος. Τα μέχρι σήμερα δεδομένα συντείνουν στο συμπέρασμα ότι προκαλείται από επιμένουσα αγγειοδιαστολή στους πρότερα εργαζόμενους μυς (λόγω τοπικών αγγειοδιαστολέων) που δεν αντισταθμίζεται από αύξηση στη καρδιακή παροχή καθώς και από επανατοποθέτηση του σημείου λειτουργίας των τασεοαισθητήρων σε χαμηλότερες πιέσεις (Halliwill, 2001). Έτσι, για δοσμένες αλλαγές στη πίεση η συμπαθητική δραστηριότητα θα είναι μικρότερη οδηγώντας σε μεγαλύτερη περιφερική αγγειοδιαστολή. Οι Carter et al (2001) κατέδειξαν ότι οι γυναίκες είναι πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση μετασκησιακής ορθοστατικής υπότασης. Οι Boone et al (1992) παρατήρησαν ότι χορήγηση ναλοξόνης η οποία ανταγωνίζεται τη δράση των οπιοειδών οδήγησε σε αναστροφή της μετασκησιακής υπότασης.

Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ενδογενή οπιούχα που απελευθερώνονται μετασκησιακά συμβάλλουν στη πτώση της αρτηριακής πίεσης. Οι Hart et al (2006) παρατήρησαν ότι παρατεταμένη υπομέγιστη άσκηση συνοδεύεται από αλλαγές στην ευαισθησία των β – αδρενεργικών υποδοχέων στη καρδιά και από μειωμένη ινότροπο και χρονότροπο δράση, υποδηλώνοντας ότι υπάρχουν και κεντρικές αλλαγές που πιθανόν να επηρεάζουν τη μετασκησιακή αιμοδυναμική απάντηση. Πολλές μελέτες έχουν διερευνήσει τοπικές αγγειοδιασταλτικές ουσίες που πιθανόν να ευθύνονται για την τοπική υπεραϊμία. Ο Halliwill (2001) ανασκοπώντας τη σχετική βιβλιογραφία αναφέρει ότι η τοπική αγγειοδιαστολή στους πρότερα εργαζόμενους μυς μπορεί να οφείλεται σε αλλαγές σε τοπικούς μεταβολίτες όπως η μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα, το μονοξειδίο του αζώτου (NO), η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, η συγκέντρωση ιόντων καλίου, το εξωκυτταρικό ATP, η αδενosίνη και η ωσμωτική πίεση. Οι Chandler et al (1998) παρατήρησαν σε ποντίκια ότι το σημείο λειτουργίας (operating point) των τασεοαισθητήρων μετακινείται μετασκησιακά σε χαμηλότερες τιμές πίεσης. Οι ερευνητές απέδωσαν τη πτώση της αρτηριακής πίεσης και συχνότητας μετασκησιακά σε αυτό το γεγονός. Αντίθετα, οι Halliwill et al (1996) παρατήρησαν σε ανθρώπους ότι η κλίση της σχέσης αρτηριακή πίεση - καρδιακή συχνότητα αυξάνεται μετά από μέτριας έντασης άσκηση οδηγώντας σε μεγαλύτερες τιμές καρδιακής συχνότητας και καρδιακής παροχής. Αυτό το γεγονός σύμφωνα με τους ερευνητές ανταγωνίζεται το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης παρά το προκαλεί. Χορήγηση ουσιών που αυξάνουν τη συγκέντρωση σεροτονίνης (5-HT) προασκησιακά στο κεντρικό νευρικό σύστημα, όπως η πρόδρομος της 5 υδροξυτρυπτοφάνη, έχει φανεί ότι επιτείνουν τη μετασκησιακή υπόταση. Αντίθετα, χορήγηση ανταγωνιστών της σεροτονίνης όπως ο μεθυλεστέρας της παραχλωροφαινυλαλανίνης, έχει φανεί ότι αναστέφει τη μετασκησιακή υπόταση σε

ποντίκια (Kenny and Seals, 1993). Οι Heidi et al (2001) χορηγώντας σε ποντίκια ανταγωνιστή της αντιδιουρητικής ορμόνης (V_1 υποδοχείς) στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο κατάφεραν να αναστρέψουν το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης. Με αυτό τον τρόπο κατέδειξαν τη κεντρική επίδραση της αντιδιουρητικής ορμόνης στη πτώση της αρτηριακής πίεσης μετά από άσκηση. Οι Radhika et al (2002) χορηγώντας σε ποντίκια ανταγωνιστή του γ – αμινοβουτυρικού οξέος ($GABA_A$) σε συμπαθητικά καρδιαγγειακά κέντρα του προμήκη κατάφεραν να αυξήσουν τη δραστηριότητα της εν λόγω περιοχής και να μεταβάλουν τη πορεία της μετασκησιακής υπότασης. Τα παραπάνω ευρήματα καταδεικνύουν ότι η μετασκησιακή υπόταση σχετίζεται και με αλλαγές σε επίπεδο κεντρικού νευρικού συστήματος.

Οι Lockwood, Wilkins and Halliwill (2005) κατέδειξαν ότι χορήγηση αναστολέα των H_1 ισταμινικών υποδοχέων αναστρέφει τη μετασκησιακή υπόταση αποκαλύπτοντας το ρόλο της ισταμίνης στη μετασκησιακή αγγειοδιαστολή του μυός. Οι McCord et al (2005) επίσης απέδειξαν ότι το ίδιο ισχύει και μετά από χορήγηση H_2 αναστολέα. Φαίνεται λοιπόν ότι H_1 και H_2 ισταμινικοί υποδοχείς συμβάλουν στην εμμένουσα μετασκησιακή αγγειοδιαστολή των ασκηθέντων μυών. Η παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου δε φαίνεται να ευθύνεται για τη μετασκησιακή μείωση της αρτηριακής πίεσης σε ανθρώπους παρόλο που υπάρχουν αντίθετα ευρήματα σε ποντίκια. Χορήγηση αναστολέα της συνθάσης του μονοξειδίου (NOS) δε συνοδεύτηκε από σημαντικές διαφορές στο φαινόμενο (Halliwill, 2001). Οι Halliwill et al (2003) παρατήρησαν ότι η ευαισθησία των α -αδρενεργικών υποδοχέων σε μυϊκό επίπεδο δε μεταβάλλεται μετασκησιακά και ανταποκρίνεται σε χορήγηση εκλεκτικού αναστολέα. Οι Lockwood et al (2005) συμπέραναν ότι χορήγηση αναστολέα της κυκλοοξυγενάσης δεν επιδρά στη μετασκησιακή υπόταση αποκλείοντας έτσι το ρόλο των προσταγλανδινών στη μυϊκή υπεραϊμία κατά την αποκατάσταση. Οι Pricher et al (2004) συμπέραναν ότι η

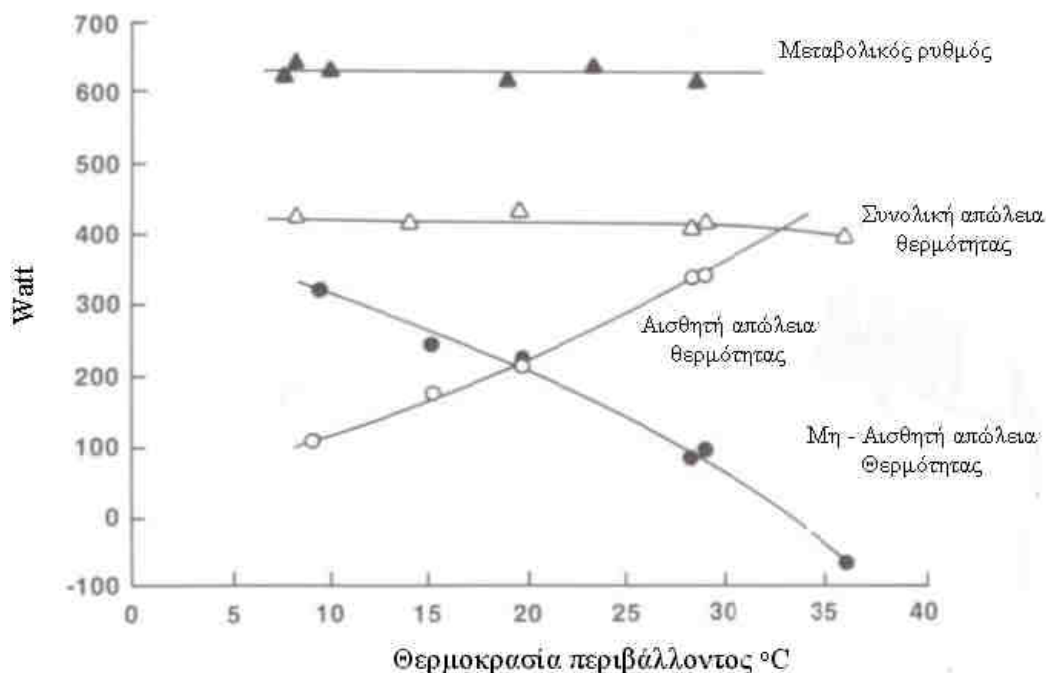
σπλαχνική και νεφρική κυκλοφορία δε φαίνεται να διαφοροποιείται μετασκησιακά παρά την εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης. Οι Pricher, Wilkins and Halliwill (2004) παρατήρησαν ότι η μετασκησιακή υπόταση δε σχετίζεται με την αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου μετασκησιακά δεδομένου ότι η πρόσληψη οξυγόνου παρέμεινε αυξημένη παρόλο που η μέση αρτηριακή πίεση και αιματική ροή των μυών επέστρεψαν σε επίπεδα ηρεμίας. Οι Coats et al (1989) παρατήρησαν ότι μετά από προοδευτικά αυξανόμενης έντασης άσκηση η συστολική πίεση αυξήθηκε στα πρώτα πέντε λεπτά της αποκατάστασης αλλά μειώθηκε σημαντικά μετά το τριακοστό λεπτό της εξηντάλεπτης ύπτιας αποκατάστασης. Η διαστολική πίεση ήταν σημαντικά μικρότερη σε όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης. Η καρδιακή παροχή ακολούθησε πτωτική τάση αλλά ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την ηρεμία λόγω αυξημένης καρδιακής συχνότητας χωρίς αλλαγές στον όγκο παλμού. Η συνολική περιφερική αντίσταση βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με την ηρεμία σε όλη την αποκατάσταση με την ελάχιστη τιμή να εμφανίζεται στα πρώτα πέντε λεπτά. Η μετασκησιακή υπόταση αποδόθηκε από τους ερευνητές στην εμμένουσα περιφερική αγγειοδιαστολή η οποία φαίνεται να ευθύνεται και για τη πτώση της διαστολικής πίεσης. Οι Raine et al (2001) διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη πορεία της αρτηριακής πίεσης μετά από εξαντλητική άσκηση μεταξύ καθιστής και ύπτιας θέσης. Η ύπτια θέση συνοδεύτηκε από μεγαλύτερο όγκο παλμού και μικρότερες περιφερικές αντιστάσεις ενώ το αντίθετο ίσχυε για τη καθιστή συνθήκη. Οι Legramante et al (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μετασκησιακή υπόταση σε ήπια υπερτασικούς προκαλείται από αγγειοδιαστολή των λειτουργούντων μυών η οποία δεν αναστρέφεται μέσα από αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα. Αυτό φάνηκε από τη σημαντικά μειωμένη αγγειακή αντίσταση του ποδιού (ως ένδειξη τοπικής αγγειοδιαστολής) και από αύξηση στο χαμηλό φάσμα συχνοτήτων της μεταβλητότητας της αρτηριακής πίεσης (σαν

δείκτης αυξημένης συμπαθητικής ενεργοποίησης για την διατήρηση της πίεσης). Ανεξάρτητα από την κλινική σημασία της μετασκησιακής υπότασης φαίνεται πως η πτώση των αντιστάσεων μετασκησιακά διευκολύνει την επαναφορά του όγκου πλάσματος μέσω διακίνησης υγρών από το μεσοκυττάριο χώρο ενδοαγγειακά. Οι Hayes et al (2000) αναστρέφοντας τη μετασκησιακή υπόταση με χορήγηση φαινυλεφρίνης διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει αύξηση στα επίπεδα αλβουμίνης και ο όγκος πλάσματος παρέμεινε μειωμένος. Αντίθετα, η μετασκησιακή υπόταση συνοδεύτηκε από αύξηση της συγκέντρωσης αλβουμίνης και από αύξηση του όγκου πλάσματος.

2.4.1. Μετασκησιακή υπόταση και θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις

Υπάρχουν μελέτες που συσχέτισαν τη μετασκησιακή υπόταση με τη μετασκησιακή θερμορρυθμιστική απόκριση. Οι Franklin et al (1993) παρατήρησαν ότι η μετασκησιακή υπόταση είναι μεγαλύτερη μετά από άσκηση

υπόταση προκαλείται από περιφερική λίμναση του αίματος στο δέρμα για θερμορρυθμιστικούς λόγους. Ο παραπάνω σχεδιασμός όμως δεν επιτρέπει να ξεχωρίσουμε τη ξεχωριστή επίδραση της άσκησης και του περιβάλλοντος στις αιμοδυναμικές αποκρίσεις. Επιπλέον, παρόλο που η μέση θερμοκρασία δέρματος βρέθηκε αυξημένη οι παραπάνω μελέτη δε προχώρησε σε μέτρηση της δερματικής ροής αίματος. Οι Wilkins, Minson and Halliwill (2004) υπέθεσαν ότι η αυξημένη μετασκησιακή θερμοκρασία πυρήνα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας θα συνοδεύεται από αύξηση της δερματικής αγωγιμότητας και πρόκληση μετασκησιακής υπότασης. Αντίθετα με τις υποθέσεις τους η εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης συνοδεύτηκε από πτώση της αγγειακής αγωγιμότητας στο δέρμα και αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα μετασκησιακά. Οι Kilgour et al (1993) κατέγραψαν ότι μετά από άσκηση και αποκατάσταση σε θερμό περιβάλλον η συστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με την ηρεμία αλλά δε διέφερε με τη



Σχήμα 2.3. Μεταβολικός ρυθμός, συνολική αποβολή θερμότητας, «μη - αισθητή» αποβολή και «αισθητή» αποβολή θερμότητας κατά την άσκηση σε διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Από Sawka and Wenger, 1988)

σε θερμοουδέτερο και αποκατάσταση σε θερμό περιβάλλον. Οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η μετασκησιακή

συνθήκη ελέγχου όπου η άσκηση και αποκατάσταση έγινε σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Η διαστολική πίεση αντίθετα

μειώθηκε σημαντικά στο θερμό περιβάλλον σε σχέση με το θερμοουδέτερο αντανακλώντας και τη σημαντικά μειωμένη συνολική περιφερική αντίσταση στη συνθήκη αυτή. Η ανενεργός αποκατάσταση συνοδεύτηκε στο θερμό περιβάλλον από συμπτώματα λιποθυμίας. Οι Brown et al (1993) μελετώντας τις αιμοδυναμικές και θερμορυθμιστικές αποκρίσεις μετά από παρατεταμένη άσκηση σε θερμοουδέτερο περιβάλλον κατέγραψαν σημαντική πτώση της μέσης και συστολικής πίεσης χωρίς αλλαγές στη διαστολική πίεση. Η θερμοκρασία πυρήνα παρέμεινε αυξημένη σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Αντίθετα, η θερμοκρασία δέρματος μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με τα προασκησιακά επίπεδα. Επιπλέον, υπήρξε υψηλή συσχέτιση μεταξύ συστολικής, μέσης αρτηριακής πίεσης και μέσης θερμοκρασίας δέρματος. Η μέση αρτηριακή πίεση παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με τη θερμοκρασία πυρήνα. Οι μελετητές συμπέραναν ότι η μετασκησιακή υπόταση οδηγεί σε δερματική αγγειοσυστολή πιθανότατα λόγω λίμνασης αίματος σε περιοχές όπως τα σπλάχνα και οι πρότερα εργαζόμενοι μυς. Παγίδευση θερμότητας σε αυτές τις περιοχές πιθανόν οδηγεί σε αύξηση του όγκου αίματος τοπικά, σε μειωμένη φλεβική επιστροφή, πτώση του όγκου παλμού και επακόλουθα της αρτηριακής πίεσης. Οι Kenny and Niedre (2001) διαπίστωσαν ότι η πτώση της συστολικής και μέσης αρτηριακής πίεσης ήταν μεγαλύτερη μετά από άσκηση στο 93% σε σχέση με το 70%. Η μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση συνοδεύτηκε από αντίστοιχη αύξηση στο κατώφλι έναρξης δερματικής αγγειοδιαστολής και μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα. Η αιματική ροή στο δέρμα καθώς και η θερμοκρασία δέρματος μειώθηκαν και δε διέφεραν στις δύο συνθήκες. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι η ρύθμιση της πίεσης επιδρά αρνητικά στη θερμορυθμιστική απόκριση μειώνοντας τη θερμική απώλεια. Η παραπάνω μελέτη δε μπορεί να διαχωρίσει την επίδραση του μεγαλύτερου μεταβολικού φορτίου στη μεγαλύτερης έντασης άσκηση στη μετασκησιακή πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα. Οι Kenny et al (2006) μελέτησαν την

επίδραση του διαφορετικού βαθμού μετασκησιακής υπότασης στις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις κατά την αποκατάσταση. Εκτάσεις των τετρακεφάλων για 15 λεπτά στο 60 και 80% της ειδικής κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου συνοδεύτηκε από μετασκησιακή υπόταση η οποία ήταν μεγαλύτερη στο 80%. Η μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη θερμοκρασία μυός και μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα. Η αιματική ροή στο δέρμα μειώθηκε και στις δύο συνθήκες χωρίς διαφορές μεταξύ τους. Το συμπέρασμα από αυτές τις παρατηρήσεις ήταν ότι η μεγαλύτερη πτώση της αρτηριακής πίεσης συνοδεύτηκε από αντίστοιχη μείωση της μεταγωγής θερμότητας και αύξηση της θερμοκρασίας μυός και πυρήνα. Αναπάντητο παραμένει το ερώτημα κατά πόσο η μεγαλύτερη μεταβολική παραγωγή θερμότητας στο 80% και η επακόλουθη λίμνασή του αίματος προκαλούν μεγαλύτερη αγγειοδιαστολή και μεγαλύτερη πτώση της αρτηριακής πίεσης και όχι το αντίθετο. Συνολικά μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχουν σαφέστατες ενδείξεις για αλληλεπίδραση των αιμοδυναμικών και θερμορυθμιστικών παραμέτρων μετασκησιακά.

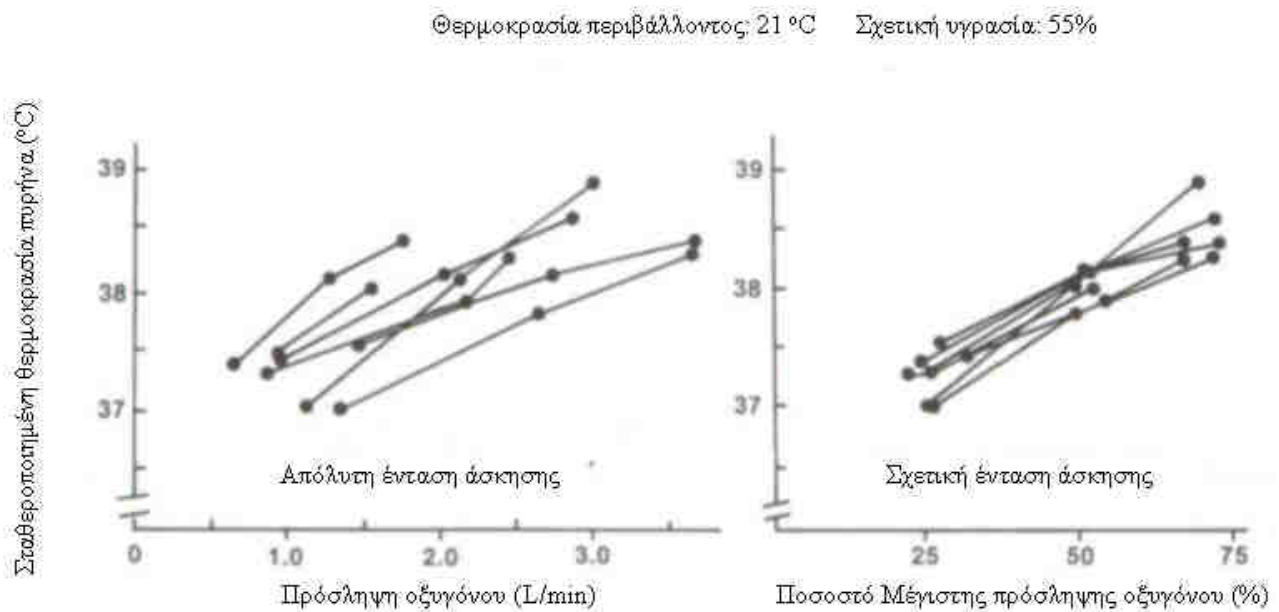
Καμία μελέτη πάντως μέχρι σήμερα δε διερεύνησε το μέγεθος και τη πορεία της μετασκησιακής υπότασης μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Επιπλέον, δεν υπάρχουν δεδομένα για το πώς επηρεάζεται η μετασκησιακή υπόταση από την αλλαγή στη θέση σώματος στο εν λόγω περιβάλλον.

2.5. Άσκηση και θερμοκρασία πυρήνα

Η θερμοκρασία πυρήνα, κατά τη διάρκεια δυναμικής άσκησης σταθερής έντασης, παρουσιάζει γρήγορη αύξηση στην αρχή και μικρότερη αύξηση μετέπειτα ωστόσο η παραγωγή θερμότητας εξισωθεί με την αποβολή θερμότητας. Σε αυτό το σημείο η θερμοκρασία πυρήνα σταθεροποιείται. Η αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα αντιπροσωπεύει το θερμικό φορτίο το οποίο προστίθεται λόγω αυξημένου μεταβολισμού. Η έναρξη της άσκησης συνοδεύεται από γρήγορη αύξηση του μεταβολικού ρυθμού και

επομένως του θερμικού φορτίου ενώ οι μηχανισμοί αποβολής θερμότητας αντιδρούν πιο αργά (Gisolfi and Wenger, 1984; Sawka and Wenger, 1988). Η χρονική εξίσωση παραγωγής – αποβολής θερμότητας θα οδηγήσει σε σταθεροποίηση της θερμοκρασίας πυρήνα. Σημαντική θέση στη κατανόηση της συμπεριφοράς της θερμοκρασίας πυρήνα κατά την άσκηση κατέχει η έρευνα του Nielsen (1938 – από Sawka and Wenger, 1988). Ο ερευνητής παρατήρησε ότι το εύρος αύξησης και σταθεροποίησης της θερμοκρασίας πυρήνα, κατά τη δυναμική άσκηση, είναι σε μεγάλο

θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία πυρήνα είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος μόνο μέσα σε μια προκαθορισμένη ζώνη (Lind, 1963; Wyndham et al., 1970). Οι Sawka and Wenger (1988) συμπέραναν ότι το μέγεθος αύξησης της θερμοκρασίας πυρήνα είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο Astrand (1960) χρησιμοποίησε τη σχετική ένταση (%VO₂max) και όχι τον απόλυτο μεταβολικό ρυθμό για να αξιολογήσει τη θερμοκρασία πυρήνα κατά την άσκηση. Οι Saltin and Hermansen (1966) παρατήρησαν ότι η



Σχήμα 2.4. Σταθεροποιημένη θερμοκρασία πυρήνα σε σχέση με την απόλυτη και σχετική ένταση άσκησης. Η διασπορά στις ενδοατομικές τιμές περιορίζεται όταν η θερμοκρασία πυρήνα απεικονιστεί με βάση τη σχετική ένταση (Από Saltin and Hermansen, 1966)

βαθμό ανεξάρτητο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ευθέως ανάλογο του μεταβολικού ρυθμού. Τα δεδομένα εξήχθησαν από τρεις δοκιμαζόμενους οι οποίοι ασκήθηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (5 – 36 °C, χαμηλή υγρασία) και διαφορετικές εντάσεις άσκησης. Η συνολική αποβολή θερμότητας ήταν η ίδια σε όλες τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Άλλαξε μόνο η συμμετοχή της «αισθητής» (sensible) και «μη - αισθητής» (insensible) αποβολής θερμότητας. Ο Lind (1963) εισήγαγε τον όρο της «καθορισμένης ζώνης» (prescriptive zone) κατά την άσκηση σε διαφορετικές

μεταβλητότητα των τιμών θερμοκρασίας πυρήνα μειώνεται σημαντικά όταν αυτές εκφραστούν σε συνάρτηση με τη σχετική ένταση άσκησης και όχι με τον απόλυτο μεταβολικό ρυθμό. Ο Davies et al (1976) διεξήγαγε πειράματα σε διαφορετικές εντάσεις (20 – 90 % VO₂max) και θερμοκρασίες περιβάλλοντος (5 – 25 °C, σχετική υγρασία < 50 %). Η θερμοκρασία πυρήνα βρέθηκε ότι είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος 5 – 20 °C και ένταση άσκησης 65% της VO₂max. Σε υψηλότερες όμως εντάσεις άσκησης (85% VO₂max) το περιβάλλον επηρέασε τη θερμοκρασία πυρήνα. Επιπλέον, η σχέση

μεταξύ σταθεροποιημένης θερμοκρασίας πυρήνα και έντασης άσκησης βρέθηκε ότι είναι καμπυλόγραμμη (curvilinear) και δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση:

$$T_c (^{\circ}\text{C}) = 37.25 - 0.00264 (\% \text{VO}_2\text{max}) + 0.00037 (\text{VO}_2\text{max})^2$$

Πολλοί ερευνητές συμπεραίνουν ότι οτιδήποτε μπορεί να μειώσει τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και άρα να αυξήσει τη σχετική ένταση άσκησης σε δοσμένη επιβάρυνση θα είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας πυρήνα (Sawka and Wenger, 1988). Το αντίστροφο θα ανέμενε κανείς σε περίπτωση που αυξηθεί η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Ο Rowell et al (1982) παρατήρησε τις αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα μετά από εισπνοή υποξικού αερίου (11 – 12 % O₂ – Μείωση 27 % στη VO₂max) σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Η θερμοκρασία πυρήνα σταθεροποιήθηκε στα ίδια επίπεδα και στην υποξία και στη νορμοξία για δοσμένο έργο. Η Nielsen (1971) αντιθέτως παρατήρησε αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα, κατά τη σταθεροποίηση, μετά από εισπνοή μονοξειδίου του άνθρακα (πτώση VO₂max κατά 15 – 28 %). Παρ' όλα αυτά, η σχέση θερμοκρασίας πυρήνα / σχετικής έντασης άσκησης παρέμεινε η ίδια. Αύξηση της VO₂max με μετάγγιση αίματος δεν επέφερε μείωση της θερμοκρασίας πυρήνα κατά την άσκηση σε δοσμένο απόλυτο έργο σε ανεγκλιμάτιστους δοκιμαζόμενους (Sawka et al., 1987). Οι Sawka and Wenger (1988) συμπεραίνουν ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης η θερμοκρασία πυρήνα είναι ευθέως ανάλογη του μεταβολικού ρυθμού. Αν ο μεταβολικός ρυθμός εκφραστεί ως ποσοστό της VO₂max τότε εξαλείφεται μεγάλο μέρος της διασποράς στις ενδοατομικές τιμές θερμοκρασίας πυρήνα.

2.6. Θερμοκρασία πυρήνα κατά την αποκατάσταση

Η πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα, μετά από άσκηση σε θερμό ή θερμοουδέτερο περιβάλλον, έχει παρατηρηθεί από παλιά αλλά παρέμεινε μόνο στο επίπεδο των παρατηρήσεων. Ο Wyndham (1959) μελετώντας διάφορες μεθόδους ψύξης, μετά

από παρατεταμένη άσκηση (βαθμιδοεργομέτρηση) σε θερμό και υγρό περιβάλλον (36 °C, 34 °C wet), παρατήρησε ότι κατά την αποκατάσταση (θερμοκρασία περιβάλλοντος = 32 °C) η θερμοκρασία πυρήνα εξακολούθησε να ανεβαίνει για πέντε λεπτά περίπου. Ο ερευνητής άφησε ασχολίαστη αυτή την παρατήρηση. Οι Saltin et al (1972) μελετώντας τις θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις σε τρεις διαφορετικές εντάσεις άσκησης (90, 100, 115% VO₂max) σε διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (10-40 °C, σχετική υγρασία <45%) παρατήρησαν ότι η θερμοκρασία οισοφάγου συνέχισε να αυξάνεται για μερικά λεπτά μετά από άσκηση στο 115% VO₂max στους 40°C. Επίσης, ο ρυθμός εφίδρωσης αυξήθηκε και αυτός ακολουθώντας την πορεία της θερμοκρασίας οισοφάγου. Οι ερευνητές απλά επεσήμαναν το φαινόμενο χωρίς να σχολιάσουν την εμφάνιση του. Οι Rowell et al (1966) παρατήρησαν ότι έπειτα από παρατεταμένη άσκηση στους 43.3 °C η θερμοκρασία πυρήνα συνέχισε να αυξάνεται με βραδύ ρυθμό ενώ στους 25.6 °C ακολούθησε αργή πτωτική τάση. Οι ερευνητές δε σχολίασαν αυτή την παρατήρηση. Οι Banister and Geladas (1988) παρατήρησαν δραματική αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα μετά από παρατεταμένη άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον (45% VO₂max, Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 38 °C, σχετική υγρασία: 90-95%). Η θερμοκρασία πυρήνα συνέχισε να αυξάνεται για 9 με 12 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης και το εύρος της αύξησης κυμαινόταν μεταξύ 0.1 και 4.2 °C (Σχήμα 12). Δυστυχώς, η παρατήρηση αυτή, όπως αναφέρουν και οι ίδιοι οι ερευνητές, δε συνοδεύτηκε από μετρήσεις άλλων μεταβλητών.

Η πρώτη έρευνα που μελέτησε συστηματικά τη μετασκησιακή πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα είναι αυτή του Thoden et al (1994). Η θερμοκρασία οισοφάγου παρέμεινε σημαντικά αυξημένη (σε σχέση με τα προασκησιακά επίπεδα, +0.64 °C) μετά από άσκηση 18 λεπτών στο 75% VO₂max (θερμοκρασία περιβάλλοντος 29 °C), ενώ παράλληλα, η θερμοκρασία δέρματος σημείωσε σταθερή μείωση. Οι Kenny et al

1996) παρατήρησαν ότι η μετασκησιακή θερμοκρασία οισοφάγου επηρεάστηκε (σε σχέση με τις προασκησιακές τιμές) από την αρχική θερμοκρασία πυρήνα. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι το κατώφλι έναρξης της αγγειοδιαστολής στο δέρμα, κατά την άσκηση, άρχιζε σε θερμοκρασίες ίσες με τις τιμές της μετασκησιακής θερμοκρασίας πυρήνα. Οι ερευνητές υπέθεσαν ότι η αύξηση της θερμοκρασία οισοφάγου μετασκησιακά πιθανόν να οφείλεται σε ανύψωσή του σημείου αναφοράς της θερμοκρασίας (set point) στον υποθάλαμο. Επιπλέον, αλλαγές στην ωσμωτικότητα του αίματος, στις ορμόνες και σε διάφορους μεταβολίτες πιθανόν να συμβάλλουν στην εμφάνιση του φαινομένου. Σε επόμενη μελέτη τους οι Kenny et al (1996) παρατήρησαν ότι η αυξημένη θερμοκρασία οισοφάγου μετασκησιακά οφείλεται σε επιδράσεις της άσκηση και όχι στο θερμικό φορτίο αυτό κάθε αυτό. Εννέα υγιείς δοκιμαζόμενοι έτρεξαν για 15 λεπτά στο 70% $\dot{V}O_2\max$, αναπαύτηκαν για 15 λεπτά στους 29°C και εμβυθίστηκαν σε νερό θερμοκρασίας 42°C. Ακολούθησε αποκατάσταση μιας ώρας στους 29°C. Σε διαφορετική μέτρηση οι δοκιμαζόμενοι παρέμειναν για 15 λεπτά σε νερό 42°C και ακολούθησε αποκατάσταση μιας ώρας στους 29°C. Η θερμοκρασία παρέμεινε αυξημένη μετά την άσκηση ενώ μετά την απλή εμβύθιση σε νερό επανήλθε πολύ γρήγορα στα επίπεδα ηρεμίας. Φαίνεται λοιπόν ότι το θερμικό φορτίο αυτό κάθε αυτό δεν ευθύνεται για τη μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας οισοφάγου. Οι Kenny and Niedre (2002) διερεύνησαν το κατά πόσο η μετασκησιακή ανύψωση επηρεάζεται από διαφορετικές εντάσεις άσκησης (70 και 93% $\dot{V}O_2\max$ στους 29 °C). Οι ερευνητές υπέθεσαν ότι οι μεγαλύτερης έντασης άσκηση θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη πτώση της μέσης αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά. Η πτώση της μέσης αρτηριακής πίεσης υπέθεσαν ότι θα οδηγούσε σε ενεργοποίηση των τασεοϋποδοχέων, δερματική αγγειοσυστολή και μεγαλύτερη αύξηση της μετασκησιακής θερμοκρασίας πυρήνα. Πράγματι, η πτώση της μέσης αρτηριακής πίεσης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη μετά από έντονη άσκηση ενώ η

μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας οισοφάγου (σε σχέση με τις προασκησιακές τιμές) ήταν και αυτή σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τη μέτριας έντασης άσκηση (70% $\dot{V}O_2\max$ -0.38 °C, 93% $\dot{V}O_2\max$ -0.79 °C). Οι Kenny et al διερεύνησαν το κατά πόσο άσκηση σε διαφορετικές εντάσεις και θερμοκρασίες περιβάλλοντος τροποποιεί την μετασκησιακή αύξηση της θερμοκρασίας οισοφάγου και τη σχέση κατωφλιού έναρξης αγγειοδιαστολής στο δέρμα και μετασκησιακής θερμοκρασίας πυρήνα. Πέντε υγιείς δοκιμαζόμενοι έτρεξαν για 18 λεπτά και αναπαύτηκαν για 20 λεπτά μετέπειτα στις εξής συνθήκες:

1. Δροσερό περιβάλλον (20 °C) και ήπια άσκηση (45% $\dot{V}O_2\max$)
2. Ουδέτερο περιβάλλον (24 °C) και έντονη άσκηση (75% $\dot{V}O_2\max$)
3. Ζεστό περιβάλλον (29 °C) και έντονη άσκηση (75% $\dot{V}O_2\max$)
4. Πολύ θερμό περιβάλλον (40 °C) και ήπια άσκηση (45% $\dot{V}O_2\max$)

Η επιπέδωση της μετασκησιακής θερμοκρασίας οισοφάγου ήταν στατιστικά υψηλότερο, σε σχέση με τις προασκησιακές τιμές, σε όλες τις συνθήκες άσκησης (1=37.13, 2=37.19, 3=37.29, 4=37.55 °C). Το κατώφλι έναρξης αγγειοδιαστολής κατά την άσκηση σε κάθε συνθήκη ήταν πολύ κοντά στις μετασκησιακές τιμές θερμοκρασίας πυρήνα για κάθε συνθήκη. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η σχέση θερμοκρασίας έναρξης αγγειοδιαστολής στο δέρμα / μετασκησιακής θερμοκρασίας πυρήνα δεν είναι τυχαίο φαινόμενο και παρατηρείται σε μεγάλο εύρος εντάσεων άσκησης και θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Η επιπέδωση στη θερμοκρασία οισοφάγου και η πτώση της αιματικής ροής και της θερμοκρασίας δέρματος κατά την αποκατάσταση αποδόθηκε από τους ερευνητές σε αύξηση του κατωφλιού αγγειοδιαστολής μετασκησιακά. Οι ίδιοι ερευνητές πρότειναν ότι οι πιθανοί παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο και σχετίζονται με την άσκηση είναι οι εξής:

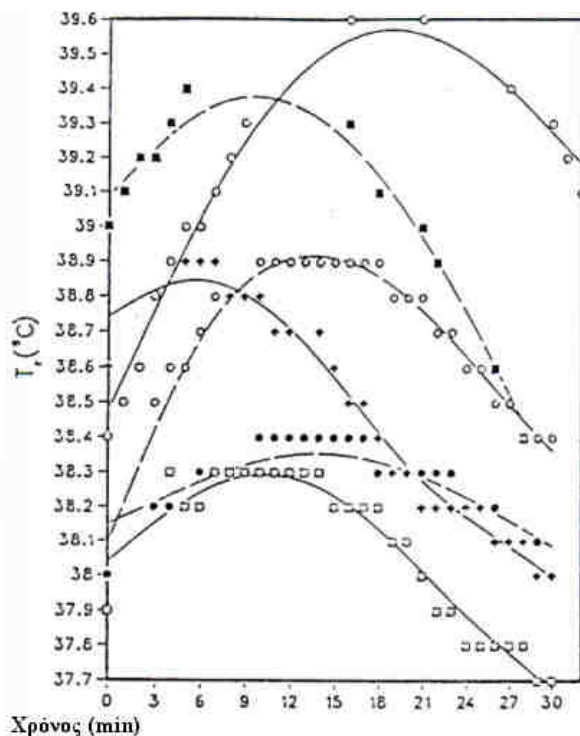
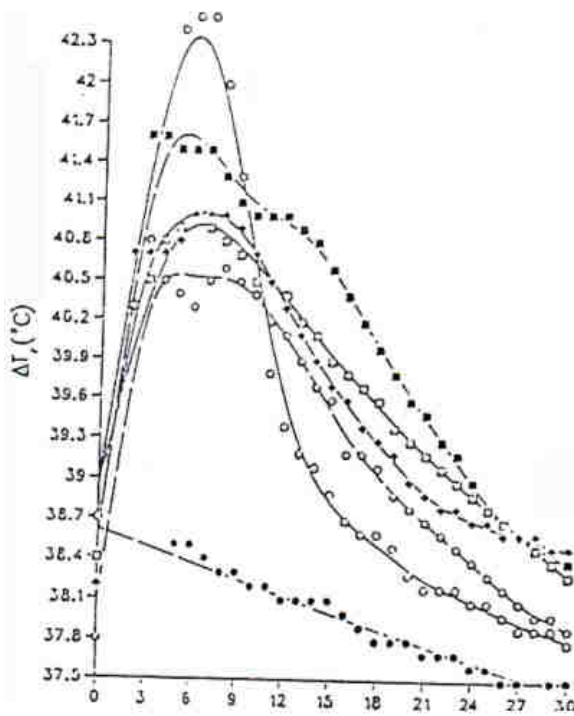
- Ενδοκρινικές αλλαγές
- Αλλαγές σε διάφορους μεταβολίτες
- Ωσμωτικότητα
- Δράση τασεοϋποδοχέων
- LPS, IL-1, α -INF, TNF, TRH
- Νορεπινεφρίνη, ντοπαμίνη

Οι περισσότεροι από τους παραπάνω παράγοντες πιθανότατα δρουν στα υποθαλάμια θερμορυθμιστικά κέντρα

άφησαν ασχολίαστο το φαινόμενο απλώς περιγράφοντας το.

2.7. Τύπος αποκατάστασης και μετασκησιακή θερμορύθμιση

Η μετασκησιακή θερμορύθμιση απασχόλησε μόνο πρόσφατα τους ερευνητές. Οι Shibasaki et al (2001) παρατήρησαν ότι η απόφραξη της κυκλοφορίας του χεριού, μετά από ισομετρική άσκηση (40% MVC), τόσο σε θερμοουδέτερες συνθήκες όσο και σε υπερθερμία, οδηγεί σε αύξηση του ρυθμού εφίδρωσης ανεξάρτητα από τη πορεία της αρτηριακής πίεσης (δράση τασεοαισθητήρων). Οι ερευνητές απέδωσαν



Σχήμα 2.5. Μετασκησιακή πορεία θερμοκρασίας πυρήνα έξι (6) δοκιμαζόμενων μετά από παρατεταμένη άσκηση (45 – 50% VO_{2max}) σε θερμό και υγρό περιβάλλον (38 °C, RH = 90 – 95%). (Από Banister and Geladas, 1988)

μεταβάλλοντας τη θερμοευαισθησία τους. Αξιοσημείωτο είναι ότι η θερμοκρασία ορθού (όχι οισοφάγου) η οποία μετρήθηκε και αυτή και στις τέσσερις συνθήκες συνέχισε να αυξάνεται για τα πρώτα 2.5-5 λεπτά της αποκατάστασης. Η πληροφορία αυτή είναι σημαντική μιας και η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα μπορεί δυνητικά να εκθέσει την υγεία του δοκιμαζόμενου σε κίνδυνο αυξάνοντας το κίνδυνο θερμοπληξίας (Banister and Geladas, 1988). Οι ερευνητές

το φαινόμενο σε ενεργοποίηση της εφίδρωσης μέσω ερεθισμού των μεταβολοϋποδοχέων του μυός. Αξιοσημείωτο είναι ότι η απόσυρση της απόφραξης επανέφερε το ρυθμό εφίδρωσης στα προασκησιακά επίπεδα. Οι Carter et al (2002) μελέτησαν την επίδραση του τύπου αποκατάστασης στη μετασκησιακή αγωγιμότητα των δερματικών αγγείων και στο ρυθμό εφίδρωσης μετά από δεκαπεντάλεπτη κυκλοεργομέτρηση (60%

HRmax). Η ενεργητική αποκατάσταση (65 rpm, χωρίς αντίσταση) συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αντίσταση και ρυθμό εφίδρωσης σε σχέση με την ανενεργό αποκατάσταση (καθήμενος στο κυκλοεργόμετρο). Η θερμοκρασία οισοφάγου παρέμεινε ανεπηρέαστη. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι ο ρυθμός εφίδρωσης και η δερματική αγγειακή αγωγιμότητα επηρεάζεται μετασκησιακά από τη δράση μη θερμορυθμιστικών παραγόντων ενώ ο τύπος αποκατάστασης φαίνεται πως επηρεάζει την απώλεια θερμότητας. Οι Wilson et al (2004) παρατήρησαν ότι, όταν η άσκηση και η αποκατάσταση γίνονται στην ύπτια θέση, δεν υπάρχει διαφορά στην δερματική αγγειακή αγωγιμότητα μεταξύ ενεργητικής και παθητικής αποκατάστασης. Αντιθέτως, ο ρυθμός εφίδρωσης βρέθηκε σημαντικά υψηλότερος μετά από ενεργητική αποκατάσταση. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η δερματική αγγειακή αντίσταση επηρεάζεται μετασκησιακά από τη δράση των ταυροοισθητήρων ενώ ο ρυθμός εφίδρωσης από άλλους παράγοντες. Οι Jounneau et al (2003) μελέτησαν την επίδραση τριών τύπων αποκατάστασης (ενεργητική, παθητική, ανενεργός) στη δερματική αγγειακή αντίσταση, το ρυθμό εφίδρωσης και τη μέση αρτηριακή πίεση μετά από δεκαπεντάλεπτη κυκλοεργομέτρηση στο 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Η ενεργητική αποκατάσταση ήταν εξίσου αποτελεσματική με τη παθητική στη διατήρηση της καρδιακής παροχής, του όγκου παλμού, της μέσης αρτηριακής πίεσης, του ρυθμού εφίδρωσης και της αγγειακής δερματικής αγωγιμότητας σε υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ανενεργό αποκατάσταση. Οι θερμοκρασίες δέρματος και οισοφάγου δε διέφεραν μεταξύ των συνθηκών. Οι ερευνητές προτείνουν ότι η παθητική αποκατάσταση μπορεί να βοηθήσει στην αποβολή θερμότητας ενός υπερθερμικού ασκούμενου ο οποίος δε δύναται να εκτελέσει ενεργητική αποκατάσταση.

Οι Shibasaki et al (2004) μελέτησαν το ρόλο των μηχανοϋποδοχέων στη μετασκησιακή θερμορύθμιση. Έπειτα από είκοσι λεπτά ύπτιας άσκησης στο κυκλοεργόμετρο (60 rpm, 65% VO₂max) οι δοκιμαζόμενοι

εκτέλεσαν ανενεργό (καθήμενοι στο εργόμετρο) ή παθητική (παθητική ποδηλάτηση με τη βοήθεια τρίτου) αποκατάσταση. Η θερμοκρασία πυρήνα και δέρματος καθώς και η δερματική αγγειακή αγωγιμότητα δε διέφερε μεταξύ των δύο μεθόδων. Αντίθετα, ο ρυθμός εφίδρωσης ήταν σημαντικά υψηλότερος κατά τη παθητική αποκατάσταση σε σχέση με την ανενεργό. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μηχανοϋποδοχείς των ασκηθέντων μυών μπορούν να επηρεάσουν το ρυθμό εφίδρωσης κατά την αποκατάσταση.

Φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω ότι ο τύπος αποκατάστασης επηρεάζει τη μετασκησιακή θερμορύθμιση και επιπλέον, συγκεκριμένοι μέθοδοι αποκατάστασης διευκολύνουν την αποβολή θερμότητας από το σώμα. Τα δεδομένα όλων των παραπάνω ερευνών οι οποίες χρησιμοποίησαν άσκηση με μεγάλες μυϊκές ομάδες εξήχθησαν από μετρήσεις σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Άγνωστη παραμένει η επίδραση του τύπου αποκατάστασης στη μετασκησιακή θερμορύθμιση όταν η άσκηση διεξάγεται σε θερμό περιβάλλον (με υψηλή ή χαμηλή υγρασία). Άγνωστη επίσης είναι η επίδραση του τύπου αποκατάστασης στο φαινόμενο της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1. Δοκιμαζόμενοι

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή εννέα (9) υγιών αρρένων δοκιμαζόμενων (Ηλικία: 22.25 ± 0.89 έτη, VO_{2peak} : 41.265 ± 16.23 ml/kg/min, Ύψος: 177 ± 7.4 cm, Βάρος: 74.75 ± 10.78 Kg, Σωματική επιφάνεια: 1.92 ± 0.17 m², μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση). Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτά γύρω από τη φύση, το σκοπό, τους κινδύνους και τις απαιτήσεις της μελέτης. Η συμμετοχή τους πραγματοποιήθηκε μετά από έγγραφη συναίνεσή και τη λήψη ιατρικού ιστορικού.

3.2. Μετρήσεις και όργανα

3.2.1. Καθορισμός μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου

Ο καθορισμός της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου γινόταν μία εβδομάδα πριν το πειραματικό πρωτόκολλο. Με τη προσέλευση στο εργαστήριο ο δοκιμαζόμενος κατανάλωνε 250ml ύδατος. Μία ώρα πριν την έναρξη της δοκιμασίας γινόταν καθορισμός του σωματικού βάρους και ύψους. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε εξοικείωση του δοκιμαζόμενου η οποία ακολουθούνταν από πεντάλεπτη προθέρμανση στο κυκλοεργόμετρο (60 rpm) με μικρή επιβάρυνση (50W). Η επιβάρυνση αυξανόταν μετέπειτα ανά 10Watt κάθε λεπτό (60rpm). Δινόταν εξωτερική παρακίνηση καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας και ιδιαίτερα στα τελευταία στάδια. Η εργομέτρηση διακοπτόταν όταν ο δοκιμαζόμενος αδυνατούσε να συνεχίσει τη προσπάθεια καθώς και όταν ίσχυαν τα παρακάτω (Howlley and Basset, 1995): Καρδιακή συχνότητα ίση ή που προσέγγιζε τη προβλεπόμενη μέγιστη με βάση την ηλικία του δοκιμαζόμενου, δείκτης κόπωσης Borg πάνω από 18, 19, αναπνευστικό πηλίκο ίσο με 1.1.

3.2.2. Προετοιμασία δοκιμαζόμενου

Οι δοκιμαζόμενοι προσερχόταν στο εργαστήριο δύο ώρες πριν την έναρξη της μέτρησης ενώ είχαν δοθεί συστάσεις για λήψη γεύματος τρεις ώρες πριν τη καθορισμένη έναρξη της μέτρησης. Ο ίδιος

δοκιμαζόμενος πραγματοποιούσε τις δύο συνθήκες σε ταυτόσημη ώρα της ημέρας για τον έλεγχο της επίδρασης των βιορυθμών. Γινόταν λήψη 500ml ύδατος για την εξασφάλιση επαρκούς ενυδάτωσης και με την πάροδο εύλογου χρονικού διαστήματος, για την απορρόφηση των υγρών, πραγματοποιούνταν ζύγιση του δοκιμαζόμενου χωρίς ρουχισμό και προσδιορισμός του σωματικού του αναστήματος. Ακολουθούσε η τοποθέτηση του θερμομέτρου στο απευθυσμένο (12-14 cm, Yellow Spring, USA) και των θερμομέτρων δέρματος (πήχης, πρόσθιος κνημιαίος, πρόσθιος θωρακικός, δάκτυλο) σύμφωνα με τις υποδείξεις της βιβλιογραφίας (Mitchel and Wyndham, 1969). Ο ανιχνευτής αιματικής ροής δέρματος (LDF 100 Blood flow module, Biopack system, Inc, USA) τοποθετήθηκε στο μέσο του δεξιού πήχη και η περιοχή σχηματίστηκε με μαρκαδόρο διαρκείας για την επόμενη μέτρηση. Με το δοκιμαζόμενο καθήμενο σε ηρεμία γινόταν λήψη δειγμάτων αίματος για τον καθορισμό τιμών ηρεμίας της ωσμωτικής πίεσης (150μl), της αιμοσφαιρίνης (τρία δείγματα των 25 μl) και του αιματοκρίτη (τρία δείγματα των 75μl). Μετέπειτα ο δοκιμαζόμενος παρέμενε για 10 λεπτά καθήμενος ακίνητος στο κυκλοεργόμετρο ή σε ύπτια θέση όπου και καταγραφόταν η αρτηριακή του πίεση και η καρδιακή του συχνότητα. Με την πάροδο των 10 λεπτών οι ίδιες μετρήσεις πραγματοποιούνταν εντός του θερμοθαλάμου για επιπλέον 10 λεπτά ενώ γινόταν καταγραφή και της αιματικής ροής δέρματος (δειγματοληψία 500Hz). Με το πέρας των μετρήσεων αυτών άρχιζε η κυρίως μέτρηση.

3.2.3. Κυρίως μέτρηση

Οι δοκιμαζόμενοι ποδηλατούσαν σε μηχανικό κυκλοεργόμετρο στις 60 περιστροφές το λεπτό (με βοήθεια μετρονόμου) και σε ένταση που αντιστοιχούσε στο 60% της κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2peak}). Η δοκιμασία τερματιζόταν όταν η θερμοκρασία πυρήνα έφτανε τους 38 °C ή όταν ο δοκιμαζόμενος αδυνατούσε να συνεχίσει. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος διατηρούνταν σταθερή στους 34 °C ενώ η

σχετική υγρασία στο 80 - 90%. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι φορούσαν μόνο κοντό αθλητικό παντελονάκι και αθλητικά υποδήματα. Γινόταν συνεχής καταγραφή της αιματικής ροής στο δέρμα (500Hz) και της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς (1000Hz) μέσω αυτόματου συστήματος καταγραφής δεδομένων (Biopack Systems 100). Οι θερμοκρασίες δέρματος και πυρήνα καταγραφόταν ανά λεπτό με τη χρήση αναλογικού θερμομέτρου έξι καναλιών (YSI Model 46 Telethermometer, USA). Η αρτηριακή πίεση καταγραφόταν ανά πέντε λεπτά με τη χρήση αυτόματου σφυγμομανόμετρου (Critikon Dinamap 1846 SX/P, USA). Η περιχειρίδα ήταν τοποθετημένη στον αριστερό βραχίονα για να μην εμποδίζεται η αιματική ροή του δεξιού βραχίονα στον οποίο ήταν τοποθετημένος ο αισθητήρας αιματικής ροής και τα θερμομέτρα πήχη και δακτύλου. Υπήρχε συνεχής επικοινωνία και ενθάρρυνση του δοκιμαζόμενου. Με την επίτευξη των 38°C ο δοκιμαζόμενος σταματούσε να ποδηλατεί και γινόταν λήψη δειγμάτων αίματος (απο το δάκτυλο άκρας χειρός) για τον καθορισμό των τιμών ωσμωτικής πίεσης (ένα δείγμα των 150μl), αιμοσφαιρίνης (δύο ή τρία δείγματα των 25μl) και αιματοκρίτη (δύο ή τρία δείγματα των 75μl). Ακολουθούσε ή μέτρηση της αρτηριακής πίεσης για το πρώτο λεπτό αποκατάστασης. Αμέσως μετά πραγματοποιούταν εικοσάλεπτη ανενεργός αποκατάσταση με την υιοθέτηση ύπτιας ή καθιστής – όρθιας θέσης με τυχαία και αντισταθμισμένη σειρά. Η καταγραφή των δεδομένων γινόταν όπως και κατά τη διάρκεια της άσκησης. Με το τέλος της αποκατάστασης γινόταν η τελευταία λήψη δειγμάτων αίματος για τον καθορισμό των τιμών ωσμωτικής πίεσης (ένα δείγμα των 150μl), αιμοσφαιρίνης (δύο ή τρία δείγματα των 25μl) και αιματοκρίτη (δύο ή τρία δείγματα των 75μl). Ακολουθούσε αφαίρεση των οργάνων μέτρησης και μετά από προσεκτική απομάκρυνση του ιδρώτα με υδρόφιλο υλικό πραγματοποιούνταν η ακριβής ζύγιση του δοκιμαζόμενου χωρίς ρουχισμό.

3.2.4. Ανάλυση δειγμάτων αίματος

Τα δείγματα για τον καθορισμό ωσμωτικής πίεσης εισαγόταν αμέσως σε ειδικό δοχείο και ακολουθούσε ανάλυσή τους σε ειδικό αναλυτή (Knauer Automatic semi-micro Osmometer, Germany) με βάση την αρχή του σημείου τήξεως. Τα δείγματα για τον καθορισμό της συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης διαλυόταν αμέσως σε ειδικό αντιδραστήριο και μετά από τον ενδεικνυόμενο από το κατασκευαστή χρόνο επώασης γινόταν η ανάλυσή τους με τη βοήθεια φορητού φωτόμετρου (Dr Lange Mini Cuvette, LKM 143, Germany). Ο καθορισμός του αιματοκρίτη γινόταν με φυγοκέντρηση των δειγμάτων στις 11800 στροφές ανά λεπτό για πέντε λεπτά (Microhematocrit Mk5 Centrifuge, Hawksley, UK) και επακόλουθη ανάγνωση των τιμών από ειδική συσκευή (Hematocrit reader, Hawksley, UK).

3.2.5. Ανάλυση μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (Heart rate variability)

Η ανάλυση του φάσματος της καρδιακής συχνότητας έγινε σε δείγματα των πέντε λεπτών (Biopack Instruments Inc., Application Note AS-129, USA). Το διάστημα R-R υπολογιζόταν σε χιλιοστά του δευτερολέπτου για τα επιμέρους πέντε λεπτά και ακολουθούσε σύντομη μετατροπή Fourier (Fast Fourier Transformation). Καταγράψαμε το ολοκλήρωμα της επιφάνειας του σήματος (integral) για τη συνολική ισχύ (Total Power, 0 – 0.4Hz), το πολύ χαμηλό (VLF, 0 – 0.04Hz), χαμηλό (LF, 0.04 – 0.15 Hz) και υψηλό φάσμα συχνοτήτων (HF, 0.15 – 0.4 Hz). Οι παραπάνω δείκτες εξομαλύνθηκαν με βάση τους τύπους και χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση των αποτελεσμάτων:

$$Lf(norm): Lf / (Total Power - VLF) * 100,$$

$$Hf(norm): Hf / (Total Power - VLF) * 100,$$

$$Lf/Hf \text{ ratio}: Lf(norm) / Hf(norm)$$

Οι παραπάνω δείκτες χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της επίδρασης του συμπαθητικού (Lf) και παρασυμπαθητικού (Hf) συστήματος στο καρδιαγγειακό σύστημα (Stauss, 2003).

3.3. Υπολογισμοί

Υποκειμενικά αντιλαμβανόμενη ανοχή στη ζέστη:

Οι δοκιμαζόμενοι επέλεξαν από κλίμακα 10 βαθμών την αντιλαμβανόμενη τους ανοχή σε

ζεστό περιβάλλον στη καθημερινή τους ζωή. Η καταγραφή γινόταν πριν την έναρξη της μέτρησης και στις δύο συνθήκες (test-retest). Ο συντελεστής αξιοπιστίας βρέθηκε ίσος με τη μονάδα ($R = 1$).

1 (ελάχιστη ανοχή), 2, 3, 4, 5 (μέτρια ανοχή), 6, 7, 8, 9, 10 (εξαιρετική ανοχή)

Μέση θερμοκρασία δέρματος

Σύμφωνα με το τύπο του Burton (Mitchel and Wyndham, 1969):

$$\bar{T}_{sk} = 0.5 \text{ Θερμοκρασία στήθους} + 0.36$$

$$\text{Θερμοκρασία κνήμης} + 0.14 \text{ Θερμοκρασία πύλη}$$

Ανταλλαγή θερμοκρασία ζμε μεταγωγή (Kobayashi et al., 1980):

$$C (W/m^2) = hc * (\bar{T}_{sk} - T_{amb})$$

$h_c = 4$ για την καθιστή θέση και 2.9 για την ύπτια, T_{amb} = θερμοκρασία περιβάλλοντος, \bar{T}_{sk} = μέση θερμοκρασία δέρματος

Σωματική συσσώρευση θερμότητας (Heat storage, ΔS), (Epstein et al., 1983):

$$\Delta S = 0.965 \text{ Βάρος} (0.8 \Delta T_{re} + 0.2 \Delta \bar{T}_{sk}) / \text{Επιφάνεια σώματος, } (W/m^2)$$

Παραγόμενο έργο (Kobayashi et al., 1980):

$$(kpm / min) \times 60$$

$$W = \frac{426.85}{A_D}, (kcal / m^2 / hour)$$

A_D = Σωματική επιφάνεια (m^2)

Μέση θερμοκρασία σώματος (Kobayashi et al., 1980):

$$\bar{T}_b = 0.79 \times T_{re} + 0.21 \times \bar{T}_{sk}$$

Συνολικός ρυθμός εφίδρωσης:

$$\text{Ρυθμός εφίδρωσης (Λίτρα / ώρα)} =$$

$$\frac{\text{Σωματικό Βάρος Πριν} - \text{Σωματικό Βάρος Μετά (Κιλά)}}{\text{Χρόνος Άσκησης (Ωρες)}}$$

Κατώφλι έναρξης αγγειοδιαστολής στο δέρμα (Rubinstein and Sessier, 1990):

Απότομη μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας πύλη - δακτύλου, ($T_{forearm} - T_{finger}$)

Αλλαγές στον όγκο πλάσματος, αίματος και έμμορφων συστατικών (Dill and Costil, 1974):

$BV_A = BV_B (Hb_B/Hb_A)$, BV = Όγκος αίματος, A = μετά - B = πριν

$CV_A = BV_A (Hct_A)$, CV = Όγκος έμμορφων συστατικών, Hct = Αιματοκρίτης

$$PV_A = BV_A - CV_A$$

$$\Delta BV, \% = 100 \frac{(BV_A - BV_B)}{BV_B},$$

$$\Delta CV, \% = 100 \frac{(CV_A - CV_B)}{CV_B}$$

$$\Delta PV, \% = 100 \frac{(PV_A - PV_B)}{PV_B}$$

Αγγειακή δερματική αντίσταση (Seremin and Kenney, 2004):

Δερματική αγγειακή αντίσταση =
Μέση Αρτηριακή Πίεση (mmHg)

Αιματική ροή δέρματος (LDF, Volts)

Αγγειακή δερματική αγωγιμότητα :

Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα =
Αιματική ροή δέρματος (LDF, Volts)

Μέση Αρτηριακή Πίεση (mmHg)

Επιφάνεια σώματος A_D (εξίσωση DuBois and Dubois, 1916):

$$A_D = 0.20247 * \text{Βάρος}^{0.425} * \text{Ύψος}^{0.725}$$

Δείκτης επιφάνειας σώματος / σωματικής μάζας:

$$\frac{\text{Επιφάνεια σώματος}}{\text{Μάζα Σώματος}}, cm^2 / kg$$

3.4. Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς για εξαρτημένα δείγματα (2 way ANOVA with repeated measures) για την κατάδειξη διαφορών στους μέσους όρους των δύο συνθηκών (αποκατάσταση σε ύπτια θέση και αποκατάσταση στο κυκλοεργόμετρο) για τα διαφορετικά χρονικά σημεία της δοκιμασίας. Επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το 5% ($p \leq 0.05$). Η σύγκριση των μέσων όρων στα διαφορετικά χρονικά σημεία κάθε επιμέρους συνθήκης έγινε με τη χρήση απλής ανάλυσης διασποράς για εξαρτημένα δείγματα (One Way ANOVA for repeated measures). Εξετάστηκε η σχέση των μεταβλητών με τη χρήση απλής, μερικής και πολλαπλής συσχέτισης. Τέλος, χρησιμοποιήσαμε ανάλυση παλινδρόμησης (linear multiple - stepwise regression) για την εξεύρεση μεταβλητών που εξηγούν μεγάλο μέρος της διασποράς σε συγκεκριμένες εξαρτημένες μεταβλητές.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

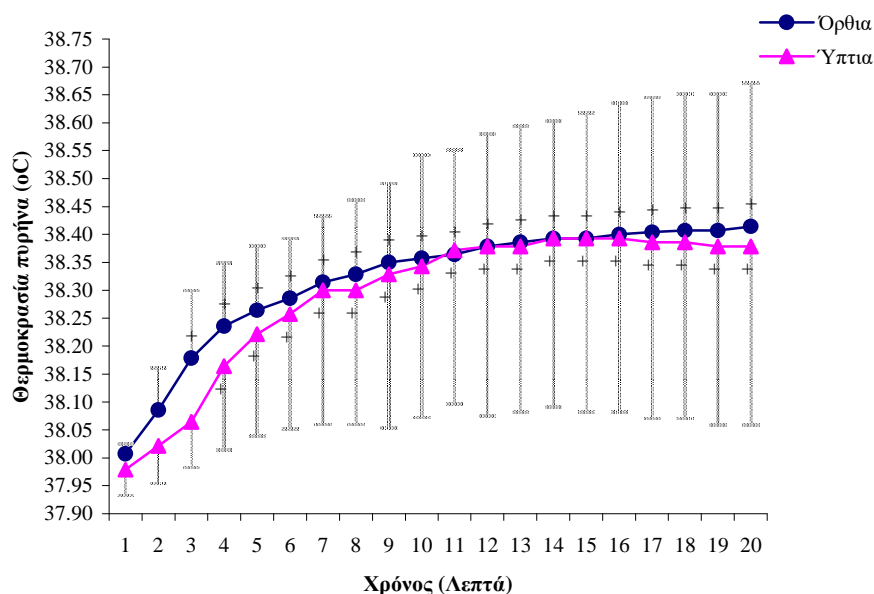
Πίνακας 4.1. Περιγραφικά στατιστικά οκτώ (8) δοκιμαζόμενων που συμμετείχαν στις μετρήσεις

| Δοκιμαζόμενος | Βάρος (κιλά) | Ύψος (μέτρα) | Ηλικία (έτη) | VO _{2peak} (ml/kg/min) | Ανοχή στη ζέστη | BSA (m ²) |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Μ. Ι | 66.80 | 1.73 | 23 | 44.60 | 8 | 1.78 |
| Σ. Α | 65.10 | 1.73 | 24 | 46.61 | 9 | 1.79 |
| Μ. Α | 68.60 | 1.64 | 22 | 56.14 | 8 | 1.75 |
| Σ. Π | 100.00 | 1.89 | 21 | 45.83 | 9 | 2.27 |
| Δ. Ι | 68.25 | 1.79 | 22 | 44.94 | 10 | 1.87 |
| Δ. Φ | 77.00 | 1.76 | 22 | 52.97 | 8 | 1.95 |
| Π. Χ | 78.90 | 1.82 | 22 | 41.25 | 8 | 2.01 |
| Χ. Κ | 75.1 | 1.8 | 22 | | 3 | 1.94 |
| Μέσος όρος | 74.97 | 1.77 | 22.25 | 41.54 | 7.88 | 1.92 |
| Τυπ. απόκλιση | 11.31 | 0.07 | 0.89 | 17.46 | 2.10 | 0.17 |

4.1. Θερμοκρασία πυρήνα

Οι δοκιμαζόμενοι ξεκίνησαν τη δοκιμασία με παρόμοια θερμοκρασία πυρήνα (Αρχική θερμοκρασία όρθια: 37.106 ± 0.234 °C, ύπτια: 37.106 ± 0.218 °C). Ο χρόνος επίτευξης της επιδιωκόμενης θερμοκρασίας των 38 °C δε διέφερε μεταξύ των συνθηκών (Χρόνος άσκησης όρθια: 17.63 ± 4.138 λεπτά, χρόνος άσκησης ύπτια: 20 ± 5.155 λεπτά, $p: 0.097$). Η θερμοκρασία στο τέλος της άσκησης ήταν 38 ± 0.017 °C και 37.97 ± 0.046 °C για την όρθια και ύπτια θέση αντίστοιχα

Η θερμοκρασία πυρήνα αυξήθηκε σημαντικά, μετά το τέλος της άσκησης, τόσο στην όρθια όσο και την ύπτια αποκατάσταση ($p: 0.000$). Η αύξηση ήταν στατιστικά σημαντική μετά το 3^ο λεπτό της όρθιας αποκατάστασης και συνεχίστηκε μέχρι το τελευταίο λεπτό (θερμοκρασία 20^ο λεπτό: 38.341 ± 0.25 °C). Στην ύπτια θέση η θερμοκρασία πυρήνα αυξήθηκε σημαντικά μετά το 4^ο λεπτό και συνέχισε μέχρι το τέλος της αποκατάστασης (θερμοκρασία τέλους ύπτιας αποκατάστασης: 38.38 ± 0.34 °C). Η θερμοκρασία πυρήνα δε διέφερε μεταξύ όρθιας και ύπτιας



Σχήμα 4.1. Θερμοκρασία πυρήνα 8 δοκιμαζόμενων κατά την ανενεργό αποκατάσταση σε ύπτια και όρθια θέση μετά από κυκλοεργομέτρηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον (60% VO_{2peak}, 35 °C, 80% σχετική υγρασία). +: διαφορές σε σχέση με το 1^ο λεπτό της κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

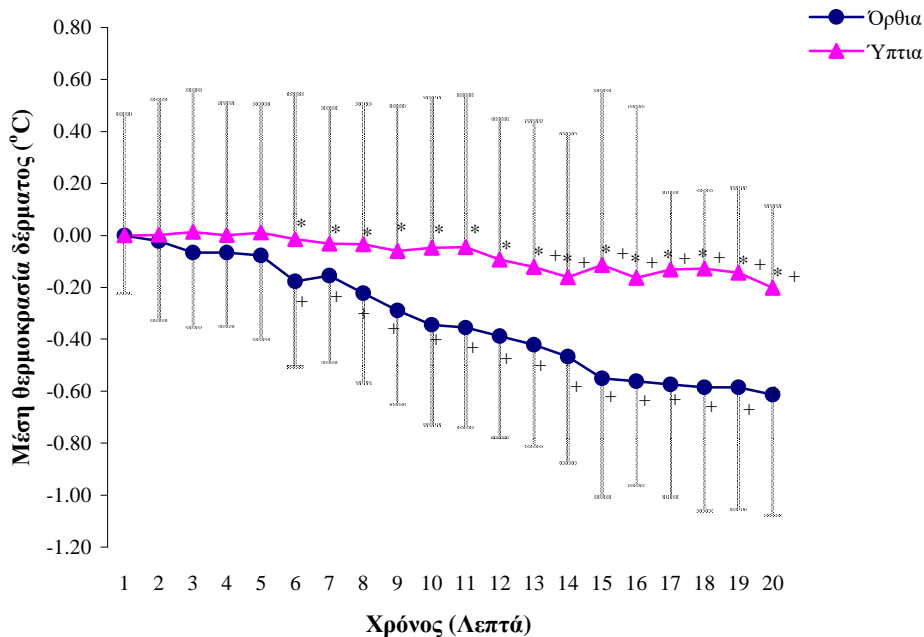
αποκατάστασης (p : 0.739. Σχήμα 4.1). Η μέγιστη θερμοκρασία πυρήνα έφτασε τους 38.41 ± 0.25 °C και 38.38 ± 0.34 °C στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση, αντίστοιχα. Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης (stepwise regression) κατέδειξε ότι στην όρθια αποκατάσταση η ανυψούμενη θερμοκρασία πυρήνα μπορεί να προβλεφθεί με βάση την εξίσωση:

$$\text{Θερμοκρασία πυρήνα (όρθια)} = 30.146 + 0.03598 * \text{Δερματική αγγειακή αντίσταση} + 0.209 * \text{Μέση θερμοκρασία δέρματος} \quad (R^2: 0.491, \text{Standard error of estimate}: 0.15) \quad R^2 \text{ change: } \Delta \text{ερματική αγγειακή αντίσταση} = 0.366, \text{Μέση θερμοκρασία δέρματος} = 0.125$$

Η θερμοκρασία πυρήνα στην ύπτια αποκατάσταση μπορεί να προβλεφθεί με βάση την εξίσωση:

$$\text{Θερμοκρασία πυρήνα (ύπτια)} = 25.106 + 0.396 * \text{Θερμοκρασία στήθους} - 0.0205 * \text{Μέση αρτηριακή πίεση (mmHg)} \quad (R^2: 0.645,$$

Η μέση θερμοκρασία δέρματος (τιμές Δέλτα) μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης (Σχήμα 4.2). Η μείωση ήταν πιο έντονη στην όρθια αποκατάσταση με στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις, σε σχέση με το 1^ο λεπτό, να εμφανίζονται από το 6^ο λεπτό και να επιμένουν έως και το 20^ο λεπτό (p : 0.000). Η μέση θερμοκρασία δέρματος στην ύπτια αποκατάσταση παρουσίασε ελαφρά αύξηση και σταθεροποίηση στα πρώτα πέντε λεπτά και συνεχή πτώση μετέπειτα (Σχήμα 4.2). Η θερμοκρασία μειώθηκε στατιστικά σημαντικά, σε σχέση με το 1^ο λεπτό από το 13^ο λεπτό και μετέπειτα (p : 0.000, Σχήμα 4.2). Η μέση θερμοκρασία δέρματος ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ύπτια σε σχέση με την όρθια αποκατάσταση (p : 0.0032). Η διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών έγινε εμφανής μετά το 6^ο λεπτό της αποκατάστασης και επέμεινε μέχρι το 20^ο λεπτό (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2. Μέση θερμοκρασία δέρματος κατά την όρθια και ύπτια αποκατάσταση. Η θερμοκρασία ήταν σημαντικά υψηλότερη κατά την ύπτια αποκατάσταση (p : 0.0032). * : Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, + :

στατιστικά σημαντική διαφορά από το 1^ο λεπτό αποκατάστασης κάθε συνθήκης (Μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση)

Standard error of estimate: 0.18). R^2 change: Θερμοκρασία στήθους = 0.435, Μέση αρτηριακή πίεση = 0.21

Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης (stepwise regression) αποκάλυψε ότι 67.9% της διασποράς της μέσης θερμοκρασίας δέρματος μπορεί να προβλεφθεί στην όρθια αποκατάσταση (εξαιρουμένων των

4.2. Μέση θερμοκρασία δέρματος

θερμοκρασιών που προστίθενται για τον υπολογισμό της) με βάση την εξίσωση:

Μέση θερμοκρασία δέρματος όρθια αποκατάσταση = $15.31 + 0.0077 * \text{Συστολική πίεση} + 0.566 * \text{Θερμοκρασία δακτύλου} + 0.470 * \text{Διαφορά θερμοκρασίας πήχη δακτύλου}$ (R^2 : 0.679, Standard error of estimate: 0.21)

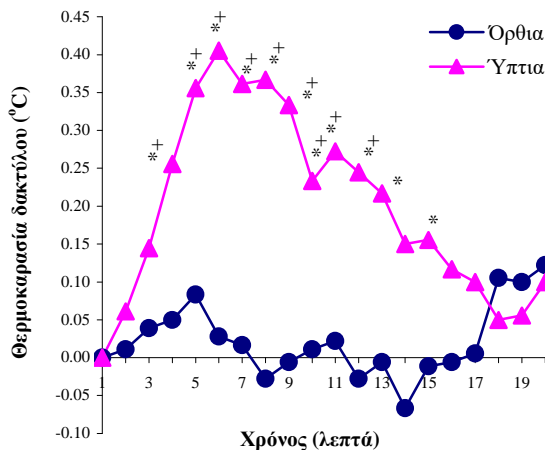
R^2 change: Συστολική πίεση = 0.307, Θερμοκρασία δακτύλου = 0.129, Διαφορά θερμοκρασίας πήχη δακτύλου = 0.243

Αντίστοιχα, στην ύπτια αποκατάσταση το 79.3 % της διασποράς της μέσης θερμοκρασίας δέρματος μπορεί να προβλεφθεί από την εξίσωση:

Μέση θερμοκρασία δέρματος ύπτια αποκατάσταση = $12.030 + 0.01661 * \text{Καρδιακή συχνότητα} + 0.624 * \text{Θερμοκρασία πυρήνα} - 0.0104 * \text{Αιματική ροή δέρματος} - 0.0453 * \text{Δερματική αγγειακή αντίσταση}$ (R^2 : 0.793, Standard error of estimate: 0.192)

R^2 change: Καρδιακή συχνότητα = 0.391, Θερμοκρασία πυρήνα = 0.306, Αιματική ροή δέρματος = 0.081, Δερματική αγγειακή αντίσταση = 0.041

4.3. Θερμοκρασία δακτύλου



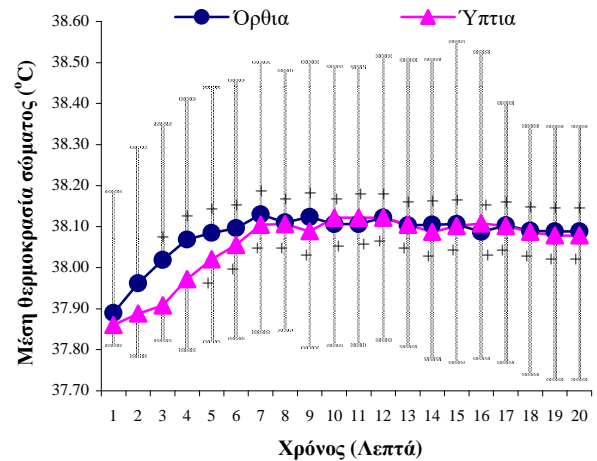
Σχήμα 4.3. Θερμοκρασία δακτύλου (μέσος δεξιού άκρου χειρός) στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. *: σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, +: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1^ο λεπτό της κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

Η θερμοκρασία του μεσαίου δακτύλου (δεξιού άκρου χειρός) διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των συνθηκών (p : 0.012). Η θερμοκρασία δακτύλου δε μεταβλήθηκε σημαντικά στην όρθια αποκατάσταση. Αντίθετα, στην ύπτια αποκατάσταση η

θερμοκρασία ήταν σημαντικά υψηλότερη, σε σχέση με το 1^ο λεπτό, από το 4^ο έως και το 12^ο λεπτό (p : 0.0015).

4.4. Μέση Θερμοκρασία σώματος.

Η μέση θερμοκρασία σώματος (τιμές δέλτα) αυξήθηκε μετά το τέλος της προσπάθειας και στις δύο συνθήκες. Η αύξηση ήταν στατιστικά σημαντική ($p_{\text{όρθια}}$: 0.0001, $p_{\text{ύπτια}}$: 0.000). Η μέση θερμοκρασία δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των συνθηκών (p : 0.947).



Σχήμα 4.4. Μέση θερμοκρασία σώματος στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. #: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1^ο λεπτό της κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

4.5. Αιματική ροή στο δέρμα

Η αιματική ροή στο δέρμα μειώθηκε σημαντικά, μετά το τέλος της άσκησης, και στις δύο συνθήκες ακολουθώντας φθίνουσα εκθετική πορεία (Σχήμα 4.5). Η αιματική ροή στο δέρμα μειώθηκε σημαντικά στην όρθια θέση από το 2^ο έως και το 20^ο λεπτό σε σχέση με το 1^ο λεπτό (p : 0.000).

Στην ύπτια θέση η αιματική ροή στο δέρμα μειώθηκε σημαντικά από το 3^ο λεπτό και μετέπειτα σε σχέση με το 1^ο λεπτό (p : 0.000). Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης (p : 0.091). Υπήρξε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων χρόνος και τύπος αποκατάστασης (p : 0.013).

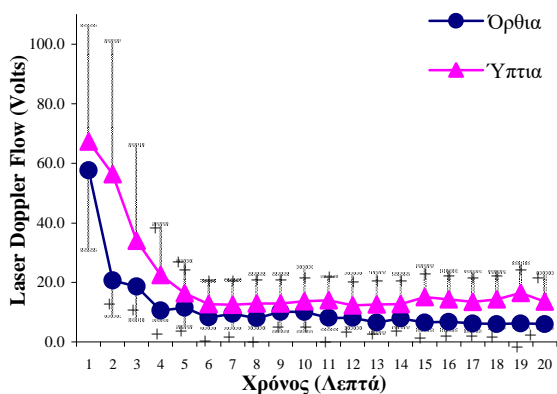
Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης (stepwise regression) ανέδειξε ότι 54.7% της διασποράς της αιματικής ροής στο δέρμα του πήχη μπορεί να προβλεφθεί κατά την όρθια αποκατάσταση με βάση την εξίσωση:

Αιματική ροή πήχη (Volts) = 430.610 + 0.454 * Μέση αρτηριακή πίεση - 11.96 * Θερμοκρασία πυρήνα (R²: 0.547, Standard error of estimate: 5.65)

R² change: Μέση αρτηριακή πίεση = 0.463, Θερμοκρασία πυρήνα = 0.084

Στην ύπτια αποκατάσταση το 71% της διασποράς της αιματικής ροής μπορεί να προβλεφθεί με βάση την εξίσωση: **Αιματική ροή πήχη (Volts) = 873.16 + 1.381 * Καρδιακή συχνότητα - 0.775 * Συστολική πίεση * Μέση θερμοκρασία δέρματος (R²: 0.71, Standard error of estimate: 14.6)**

R² change: Καρδιακή συχνότητα = 0.506, Συστολική πίεση = 0.109, Μέση θερμοκρασία δέρματος = 0.087



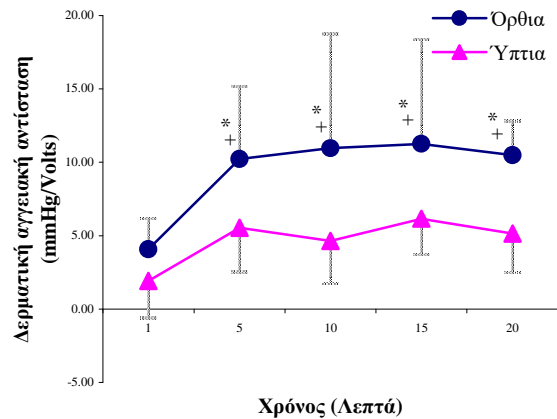
χήμα 4.5. Αιματική ροή στο δέρμα του πήχη (απόλυτες τιμές Laser Doppler flow - Volts) στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. +: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1^ο λεπτό της αντίστοιχης αποκατάστασης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

4.6. Δερματική αγγειακή αντίσταση

Η αντίσταση ήταν υψηλότερη στην όρθια αποκατάσταση. Η αντίσταση των δερματικών αγγείων αυξήθηκε σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης στην όρθια αλλά όχι στην ύπτια αποκατάσταση (p_{όρθια}: 0.003, p_{ύπτια}: 0.129). Η αγγειακή αντίσταση του δέρματος ήταν σημαντικά υψηλότερη στην όρθια αποκατάσταση σε σχέση με την ύπτια (p: 0.006). Οι διαφορές ήταν εμφανείς από το 5^ο έως και το 20^ο λεπτό (Σχήμα 4.6). Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμης κατέδειξε ότι το 55.7% της διασποράς των τιμών δερματικής αγγειακής αντίστασης μπορεί να προβλεφθεί στην όρθια αποκατάσταση μέσω της παρακάτω εξίσωσης:

Δερματική αγγειακή αντίσταση = -332.184 + 9.234 * Θερμοκρασία πυρήνα - 0.0938 * Καρδιακή συχνότητα (R²: 0.557, St. Error of estimate: 2.59)

R² change: Καρδιακή συχνότητα = 0.366, Θερμοκρασία πυρήνα = 0.191



Σχήμα 4.6. Δερματική αγγειακή αντίσταση στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. +: σημαντική διαφορά σε σχέση με το 1^ο της αντίστοιχης συνθήκης, *: σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

Αντίστοιχα, το 47.3% της διασποράς των τιμών στην ύπτια αποκατάσταση μπορεί να προβλεφθεί με βάση την εξίσωση (R²: 0.473, St. Error of estimate: 2.19):

Δερματική αγγειακή αντίσταση (ύπτια) = 15.468 - 0.085 * Καρδιακή συχνότητα

R² change: Καρδιακή συχνότητα = 0.473

Οι εξισώσεις για την αγγειακή αγωγιμότητα δέρματος δίνονται ως εξής:

Αγγειακή αγωγιμότητα δέρματος (όρθια, R²: 0.563, St. error of estim: 0.062) = 4.950 + 0.00315 * Καρδιακή συχνότητα - 0.136 * Θερμοκρασία πυρήνα

R² change: Καρδιακή συχνότητα = 0.477, Θερμοκρασία πυρήνα = 0.086

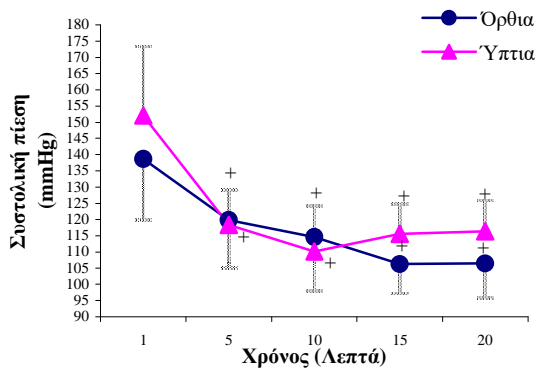
Αγγειακή αγωγιμότητα δέρματος (ύπτια, R²: 0.833, St. error of estim: 0.138) = 10.402 + 0.0174 * Καρδιακή συχνότητα - 0.00762 * Συστολική πίεση - 0.298 * Μέση θερμοκρασία δέρματος

R² change: Καρδιακή συχνότητα = 0.67, Συστολική πίεση = 0.075, Μέση θερμοκρασία δέρματος = 0.091

4.7. Συστολική πίεση

Η συστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης και στις δύο συνθήκες (p_{όρθια}: 0.0028, p_{ύπτια}: 0.001). Δεν

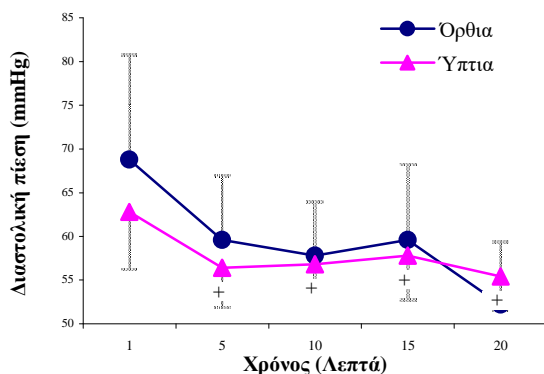
υπήρξαν διαφορές μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης ($p: 0.529$).



Σχήμα 4.7. Συστολική αρτηριακή πίεση στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. Η συστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος της άσκησης. Δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης. +: σημαντική διαφορά από το 1^ο λεπτό της αντίστοιχης αποκατάστασης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

4.8. Διαστολική πίεση

Η διαστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά, μετά το τέλος της άσκησης, μόνο στην ύπτια αποκατάσταση ($p_{\text{όρθια}}: 0.092$, $p_{\text{ύπτια}}: 0.001$. Σχήμα 4.8). Δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης ($p: 0.234$)

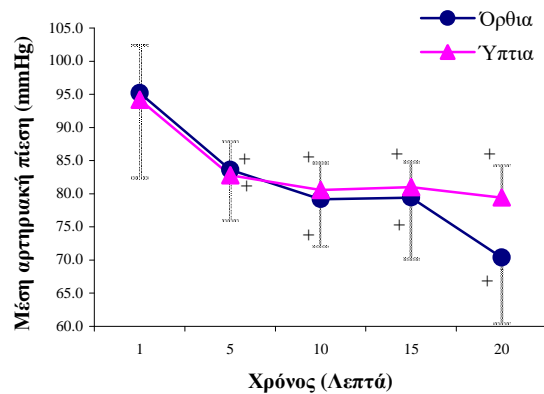


Σχήμα 4.8. Διαστολική αρτηριακή πίεση στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. +: σημαντικές διαφορές από το 1^ο λεπτό αποκατάστασης. #: σημαντική διαφορά με το 5^ο λεπτό της ίδιας συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

4.9. Μέση αρτηριακή πίεση

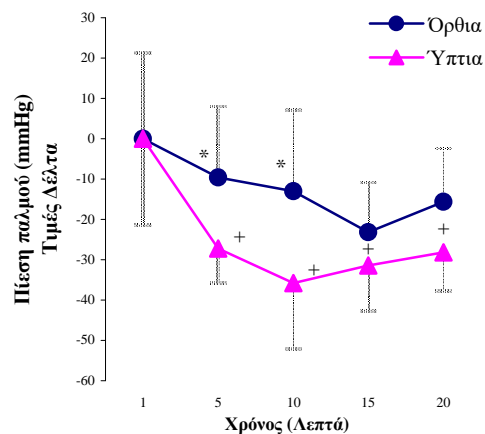
Η μέση αρτηριακή πίεση μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος της προσπάθειας τόσο στην όρθια όσο και την ύπτια αποκατάσταση ($p_{\text{όρθια}}: 0.02$, $p_{\text{ύπτια}}: 0.0000$). Δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης ($p: 0.51$). Παρ' όλ' αυτά, υπήρξε τάση (μη στατιστικά σημαντική) για πτώση της μέσης

αρτηριακής πίεσης μετά το 15^ο λεπτό στην όρθια αποκατάσταση (Σχήμα 4.9).



Σχήμα 4.9. Η μέση αρτηριακή πίεση μειώθηκε σημαντικά τόσο στην ύπτια όσο και την όρθια αποκατάσταση. +: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το 1^ο λεπτό της κάθε αποκατάστασης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

4.10. Πίεση παλμού



Σχήμα 4.10. Πίεση παλμού στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. *: διαφορές μεταξύ των συνθηκών. #: διαφορές από το 1^ο κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

Η πίεση παλμού (τιμές δέλτα) μειώθηκε μετά το τέλος της άσκησης και στις δύο συνθήκες. Η πτώση ήταν στατιστικά σημαντική (σε σχέση με το 1^ο λεπτό) μόνο στην ύπτια θέση ($p_{\text{όρθια}}: 0.21$, $p_{\text{ύπτια}}: 0.0002$). Η πίεση παλμού ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ύπτια σε σχέση με την όρθια αποκατάσταση ($p: 0.05$).

4.11. Ελάχιστες τιμές αρτηριακής πίεσης

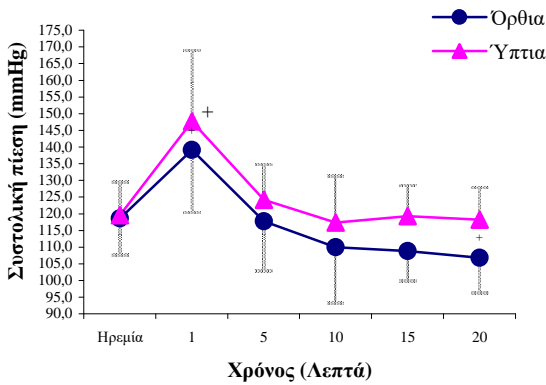
Οι ελάχιστες τιμές πίεσης που εμφάνισε κάθε δοκιμαζόμενος κατά την αποκατάσταση διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο τύπων αποκατάστασης. Εξαιρέση αποτελούν μόνον οι τιμές της διαστολικής πίεσης οι οποίες δε

διέφεραν σημαντικά μεταξύ των συνθηκών (Πίνακας 4.8).

4.12. Μετασκησιακή υπόταση

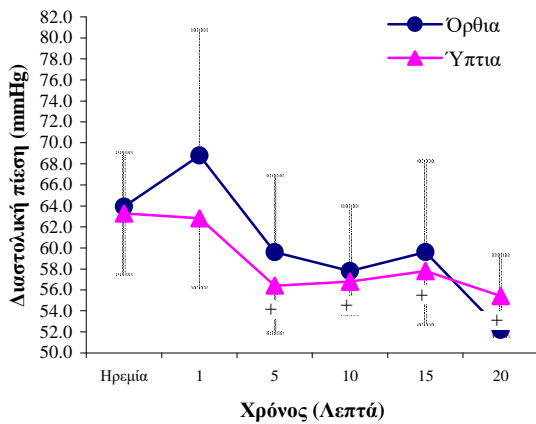
Συστολική πίεση ηρεμίας - αποκατάστασης

Η συστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά στο 20^ο λεπτό της όρθιας αποκατάστασης σε



Σχήμα 4.11. Συστολική πίεση ηρεμίας και αποκατάστασης στην όρθια και ύπτια συνθήκη. +: σημαντικές διαφορές από τις τιμές ηρεμίας κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($p: 0.000022$) ενώ υπήρξε σημαντικά μεγαλύτερη στο πρώτο λεπτό της αποκατάστασης ($p: 0.001$). Δεν



Σχήμα 4.12. Διαστολική πίεση ηρεμίας και αποκατάστασης στην όρθια και ύπτια συνθήκη. +: σημαντικές διαφορές από τις τιμές ηρεμίας κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

είχαμε εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης στην ύπτια θέση. Η πίεση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στο πρώτο λεπτό της αποκατάστασης σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($p: 0.000006$)

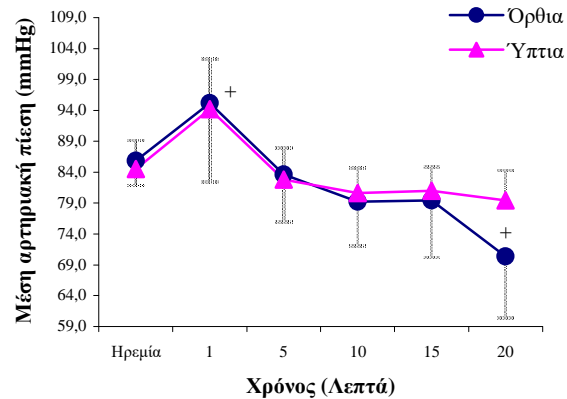
Διαστολική πίεση ηρεμίας - αποκατάστασης

Η διαστολική πίεση δε διέφερε μεταξύ των συνθηκών ($p: 0.23$). Η όρθια αποκατάσταση

δε συνοδεύτηκε από σημαντικές αλλαγές σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($p: 0.086$). Αντίθετα, στην ύπτια συνθήκη η διαστολική πίεση διέφερε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ήδη από το 5^ο λεπτό της αποκατάστασης ($p: 0.0116$).

Μέση αρτηριακή πίεση ηρεμίας - αποκατάστασης

Η μέση αρτηριακή πίεση διέφερε στατιστικά σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας στην



Σχήμα 4.13. Μέση αρτηριακή πίεση ηρεμίας και αποκατάστασης στην όρθια και ύπτια συνθήκη. +: σημαντικές διαφορές από τις τιμές ηρεμίας κάθε συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

όρθια αποκατάσταση ($p: 0.012$). Η μέση πίεση δε μεταβλήθηκε στατιστικά σημαντικά στην ύπτια αποκατάσταση με εξαίρεση το 1^ο λεπτό αποκατάστασης όπου η πίεση ήταν σημαντικά υψηλότερη ($p: 0.0005$).

4.13. Καρδιακή συχνότητα

Η καρδιακή συχνότητα μειώθηκε σημαντικά και στις δύο συνθήκες αποκατάστασης, σε σχέση με το 1^ο λεπτό (όρθια: 0.000, ύπτια: 0.000). Η καρδιακή συχνότητα ήταν σημαντικά υψηλότερη στην όρθια αποκατάσταση ($p: 0.0009$). Υπήρξε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ τύπου αποκατάστασης και χρονικής εξέλιξης της καρδιακής συχνότητας ($p: 0.000$).

Πίνακας 4.2. Συγκρίσεις ελάχιστων τιμών πίεσης μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης (Paired Samples Test)

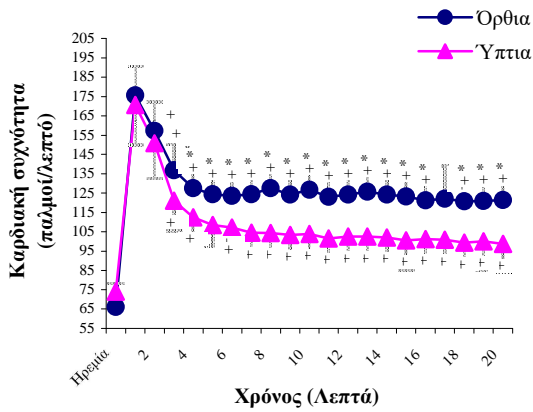
| Μεταβλητή | Συνθήκη | Μέση Διαφορά | Τυπική Απόκλιση | Τυπικό Σφάλμα Μέσου | Σημαντικότητα (Δίπλευρη) |
|----------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| Συστολική πίεση | Όρθια - ύπτια | -11.3750 | 8.7168 | 3.0818 | .008 |
| Διαστολική πίεση | Όρθια - ύπτια | 2.1250 | 7.9541 | 2.8122 | .475 |
| Μέση αρτηριακή πίεση | Όρθια - ύπτια | -6.8750 | 7.5676 | 2.6755 | .037 |
| Πίεση παλμού | Όρθια - ύπτια | -14.7500 | 12.1391 | 4.2918 | .011 |

Πίνακας 4.3. Ελάχιστες τιμές αρτηριακής πίεσης στις δύο συνθήκες αποκατάστασης.

| Μεταβλητή | Συνθήκη | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|----------------------|---------|----------|---|----------------|-----------------|
| Συστολική πίεση | Όρθια | 101.6250 | 8 | 7.3083 | 2.5839 |
| | Ύπτια | 113.0000 | 8 | 9.5319 | 3.3700 |
| Διαστολική πίεση | Όρθια | 55.0000 | 8 | 8.0000 | 2.8284 |
| | Ύπτια | 52.8750 | 8 | 3.0909 | 1.0928 |
| Μέση αρτηριακή πίεση | Όρθια | 72.0000 | 8 | 9.1496 | 3.2349 |
| | Ύπτια | 78.8750 | 8 | 2.9490 | 1.0426 |
| Πίεση παλμού | Όρθια | 41.6250 | 8 | 10.5687 | 3.7366 |
| | Ύπτια | 56.3750 | 8 | 11.5997 | 4.1011 |

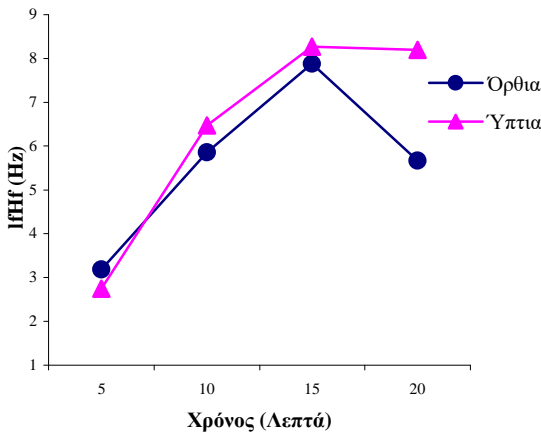
Πίνακας 4.4. Τιμές ηρεμίας και ελάχιστες τιμές αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά στις δύο συνθήκες αποκατάστασης.

| | Συστολική πίεση | | Διαστολική πίεση | | Μέση πίεση | | Πίεση παλμού | |
|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Ηρεμία | Ελάχιστη | Ηρεμία | Ελάχιστη | Ηρεμία | Ελάχιστη | Ηρεμία | Ελάχιστη |
| Μέσος όρος +/- τυπική απόκλιση | | | | | | | | |
| Όρθια | 118.6 +/-10.9 | 101.6 +/- 7.3 | 64.9 +/- 5.12 | 55 +/- 8 | 86.99 +/- 5.87 | 72 +/- 9.15 | 53.72 +/- 11.53 | 41.62 +/- 10.57 |
| Ύπτια | 119.62 +/- 9.91 | 113 +/- 9.53 | 66.48 +/- 5.8 | 52.87 +/- 3.1 | 87 +/- 5.4 | 78.87 +/- 2.95 | 53.15 +/- 6.15 | 56.37 +/- 11.6 |



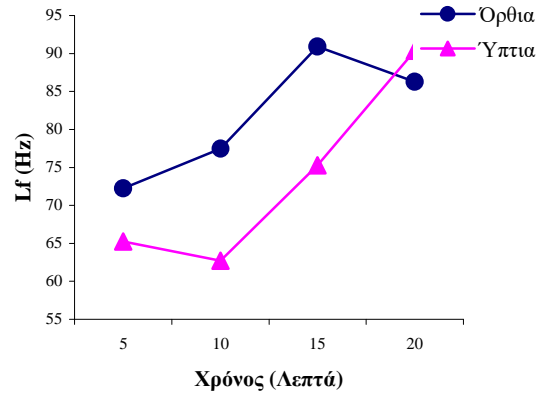
Σχήμα 4.14. Καρδιακή συχνότητα στην όρθια και ύπτια αποκατάσταση. *: διαφορές μεταξύ των συνθηκών +: διαφορές από το 1^ο λεπτό (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

4.14. Ανάλυση μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (Heart rate variability)

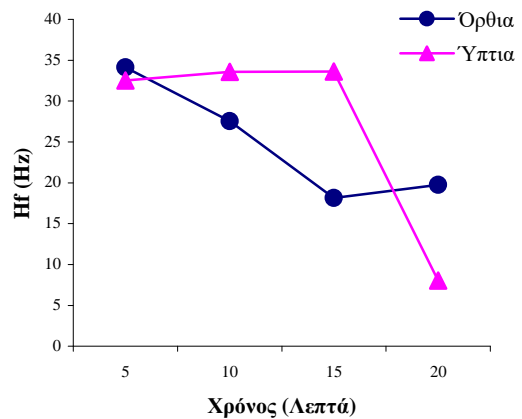


Σχήμα 4.15. Εξομαλυσμένος λόγος χαμηλού (0.04 – 0.15 Hz) προς υψηλού φάσματος (0.15 – 0.4 Hz) συχνοτήτων του διαστήματος R-R μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης (μέσοι όροι)

Ο λόγος (επί τοις εκατό) του χαμηλού προς το υψηλό φάσμα συχνοτήτων του διαστήματος R-R, αυξήθηκε μετά το τέλος της προσπάθειας και στις δύο συνθήκες. Η αύξηση αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική (p_{όρθια}: 0.372, p_{ύπτια}: 0.325). Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών (p: 0.6). Στην όρθια αποκατάσταση υπήρξε μια μη στατιστικά σημαντική τάση για απότομη μείωση του λόγου Lf/Hf μετά το 15^ο λεπτό (Σχήμα 11). Το φάσμα χαμηλών συχνοτήτων (Lf) δε μεταβλήθηκε σημαντικά



Σχήμα 4.16. Χαμηλό φάσμα συχνοτήτων του διαστήματος R-R για την όρθια και ύπτια αποκατάσταση



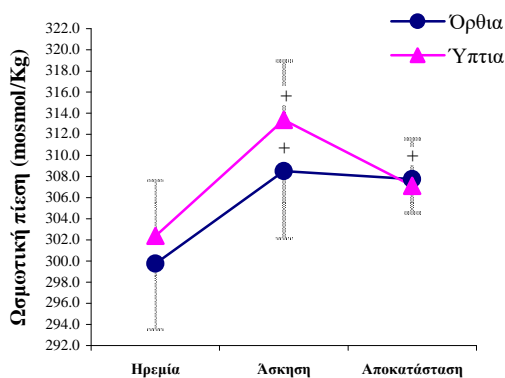
Σχήμα 4.17. Υψηλό φάσμα συχνοτήτων του διαστήματος R-R για την όρθια και ύπτια αποκατάσταση

μετά το τέλος της προσπάθειας και στις δύο συνθήκες αποκατάστασης (p_{όρθια}: 0.116, p_{ύπτια}: 0.311). Δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ των δύο τύπων αποκατάστασης (p: 0.4). Το φάσμα υψηλών συχνοτήτων (Hf) είχε πτωτική τάση μετά το τέλος της προσπάθειας. Η τάση αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική (p_{όρθια}: 0.116, p_{ύπτια}: 0.312). Δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ όρθιας και ύπτιας αποκατάστασης (p: 0.836). Υπήρξε σημαντική μεταβλητότητα στις τιμές του φάσματος συχνοτήτων (Παράρτημα).

4.15. Ωσμωτική πίεση αίματος

Η ωσμωτική πίεση του αίματος (mosmol / Kg) δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών (p: 0.237). Η ωσμωτική πίεση αυξήθηκε σημαντικά στην όρθια συνθήκη, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, τόσο στο τέλος της άσκησης όσο και της αποκατάστασης (p: 0.001). Η ωσμωτική πίεση του αίματος (mosmol / Kg) δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών (p: 0.237). Η ωσμωτική

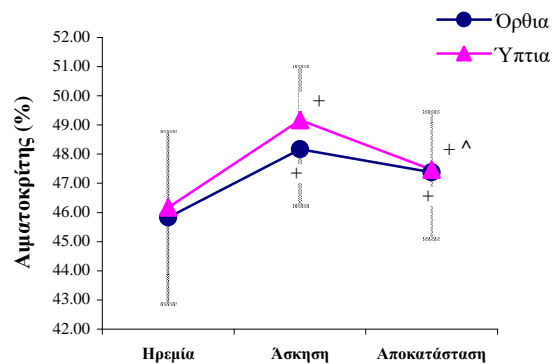
πίεση αυξήθηκε σημαντικά στην όρθια συνθήκη, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, τόσο στο τέλος της άσκησης όσο και της αποκατάστασης ($p: 0.001$). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές μεταξύ τέλους άσκησης και αποκατάστασης. Η οσμωτική πίεση στην ύπτια συνθήκη αυξήθηκε σημαντικά στο τέλος της άσκησης, σε σχέση με την ηρεμία ($p: 0.00035$). Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών ηρεμίας και τέλους της ύπτιας αποκατάστασης.



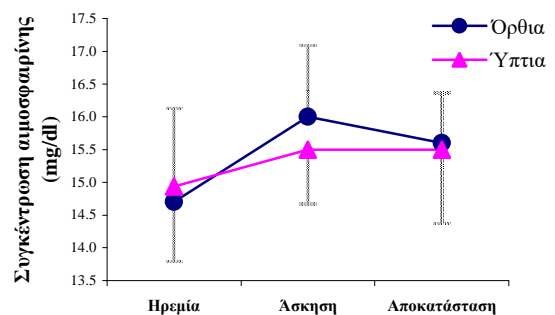
Σχήμα 4.18. Οσμωτική πίεση αίματος κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στις δύο πειραματικές συνθήκες. +, σημαντική διαφορά από τις τιμές ηρεμίας (Μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση)

4.16. Τιμές αιματοκρίτη και συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης.

Οι τιμές του αιματοκρίτη δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση ($p: 0.27$). Ο αιματοκρίτης παρέμεινε σημαντικά αυξημένος στην όρθια συνθήκη, σε σχέση με την ηρεμία, τόσο κατά το τέλος της άσκησης όσο και της αποκατάστασης ($p: 0.0047$). Οι τιμές τέλους άσκησης και αποκατάστασης δε διέφεραν σημαντικά. Οι τιμές άσκησης και αποκατάστασης διέφεραν σημαντικά ($p: 0.00024$) σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, κατά την ύπτια συνθήκη. Σημαντική διαφορά υπήρξε μεταξύ των τιμών άσκησης και αποκατάστασης ($p: 0.01$). Η συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των συνθηκών ($p: 0.433$). Οι τιμές αιμοσφαιρίνης δε μεταβλήθηκαν σημαντικά κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στην όρθια συνθήκη ($p: 0.066$). Το ίδιο ισχύει και για την ύπτια συνθήκη ($p: 0.258$).



Σχήμα 4.19. Τιμές αιματοκρίτη κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στις δύο πειραματικές συνθήκες (#, σημαντική διαφορά από τις τιμές ηρεμίας, ^: σημαντική διαφορά άσκησης και αποκατάστασης (Μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση)



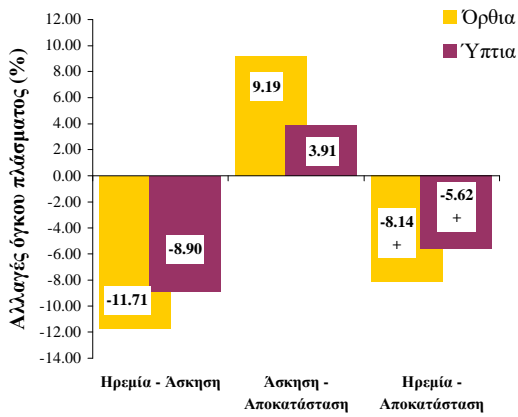
Σχήμα 4.20. Συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης κατά την ηρεμία, άσκηση και αποκατάσταση στις δύο πειραματικές συνθήκες (Μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

4.17. Αλλαγές σωματικού βάρους και συνολικός ρυθμός εφίδρωσης

Το σωματικό βάρος των δοκιμαζόμενων μειώθηκε κατά 1.49 ± 0.46 % στην όρθια και 1.61 ± 0.52 % στην ύπτια θέση. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών. Ο σχετικός ρυθμός εφίδρωσης (λίτρα ανά ώρα) ήταν 1.78 ± 0.79 στην όρθια συνθήκη και 1.93 ± 0.77 για την ύπτια. Δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών ($t: -0.69$, $p: 0.51$). Ο απόλυτος ρυθμός εφίδρωσης (λίτρα) ήταν 1.24 ± 0.6 για την όρθια και 1.13 ± 0.36 για την ύπτια θέση. Οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($t: 0.64$, $p: 0.54$).

4.18. Αλλαγές όγκου πλάσματος

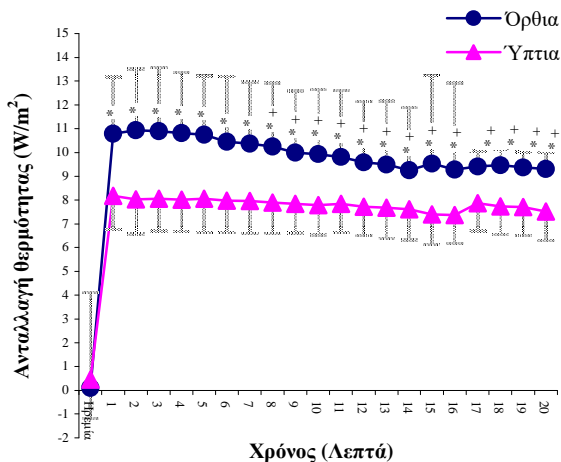
Οι ποσοστιαίες αλλαγές στον όγκο πλάσματος δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ των συνθηκών ($p: 0.99$). Υπήρξαν σημαντικές διαφορές στις επιμέρους χρονικές φάσεις κατά την καθιστή ($p: 0.014$) και ύπτια αποκατάσταση ($p: 0.024$).



Σχήμα 4.21. Αλλαγές (%) όγκου πλάσματος στο τέλος της άσκησης, στο τέλος της αποκατάστασης και μεταξύ τέλους άσκησης και τέλους αποκατάστασης στις δύο πειραματικές συνθήκες (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση, +: σημαντική διαφορά με τις δύο προηγούμενες χρονικές στιγμές της ίδιας συνθήκης).

4.19. Ανταλλαγή ξηρής θερμότητας

Η ανταλλαγή ξηρής (μη αισθητής) βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη στην όρθια θέση σε σχέση με την ύπτια καθ’ όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης (p: 0.000). Η απώλεια θερμότητας μειώθηκε σημαντικά στην όρθια αποκατάσταση, σε σχέση με το πρώτο λεπτό,



Σχήμα 4.22. Ανταλλαγή ξηρής θερμοκρασίας στις δύο πειραματικές συνθήκες. *: σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, +: σημαντική διαφορά από το πρώτο λεπτό κάθε επιμέρους συνθήκης (Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση, N= 6, Hc_{όρθια}: 4, Hc_{ύπτια}: 2.9).

από το 9^ο λεπτό και μετέπειτα (p: 0.000). Η αποβολή θερμότητας παρέμεινε αμετάβλητη στην ύπτια αποκατάσταση. Η αποβολή ξηρής θερμοκρασίας ήταν σημαντικά υψηλότερη καθ’ όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης σε σχέση με την ηρεμία και στις δύο συνθήκες (p: 0.0000).

4.20. Ανοχή στη ζέστη

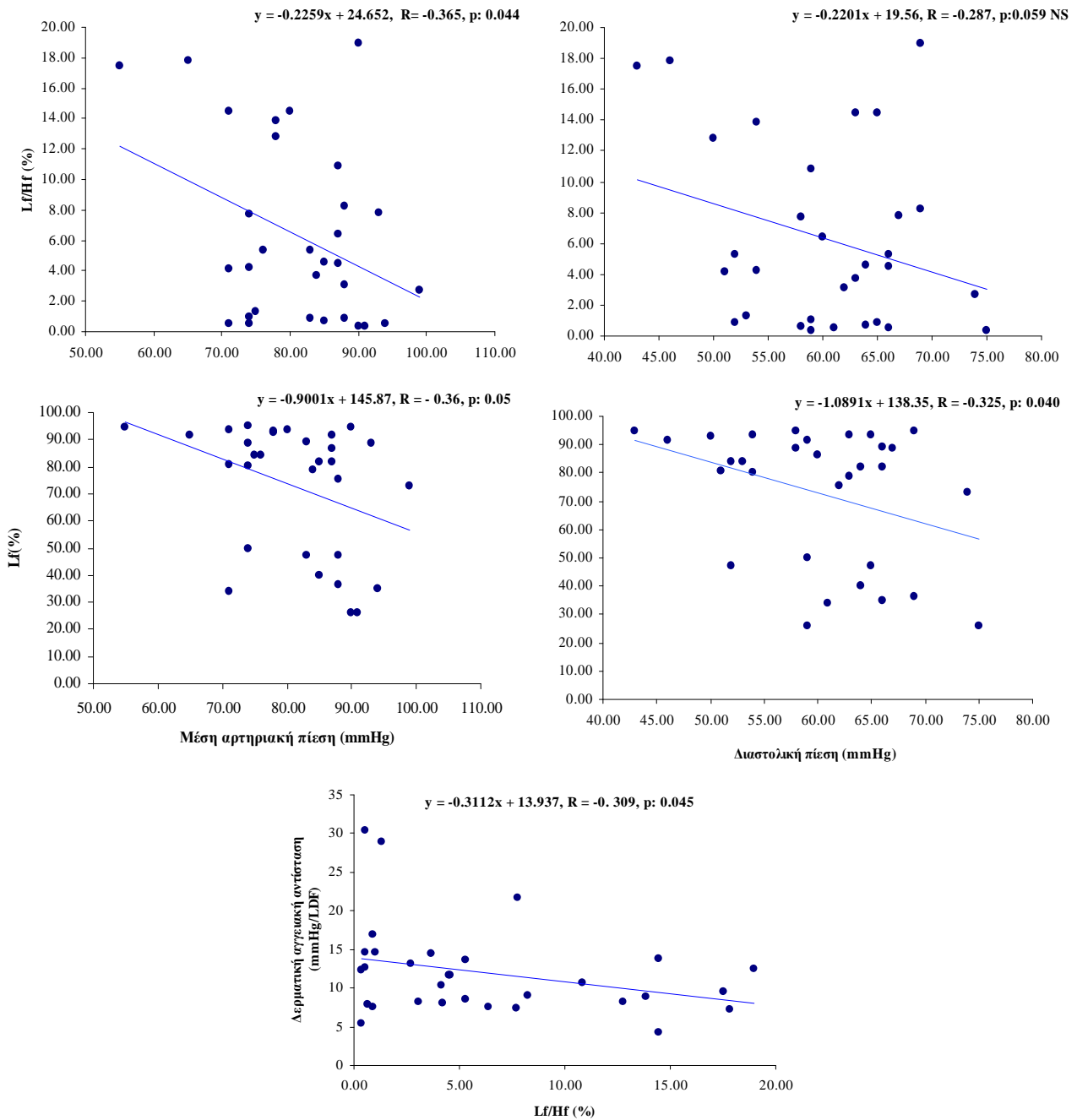
Υπήρξαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ μετρούμενων μεταβλητών και της καταγραφείσης προασκησιακά ανοχής στη ζέστη.

Πίνακας 4.5. Σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στις τιμές αντιλαμβανόμενης ανοχής στη ζέστη προασκησιακά και άλλες μετρούμενες μεταβλητές

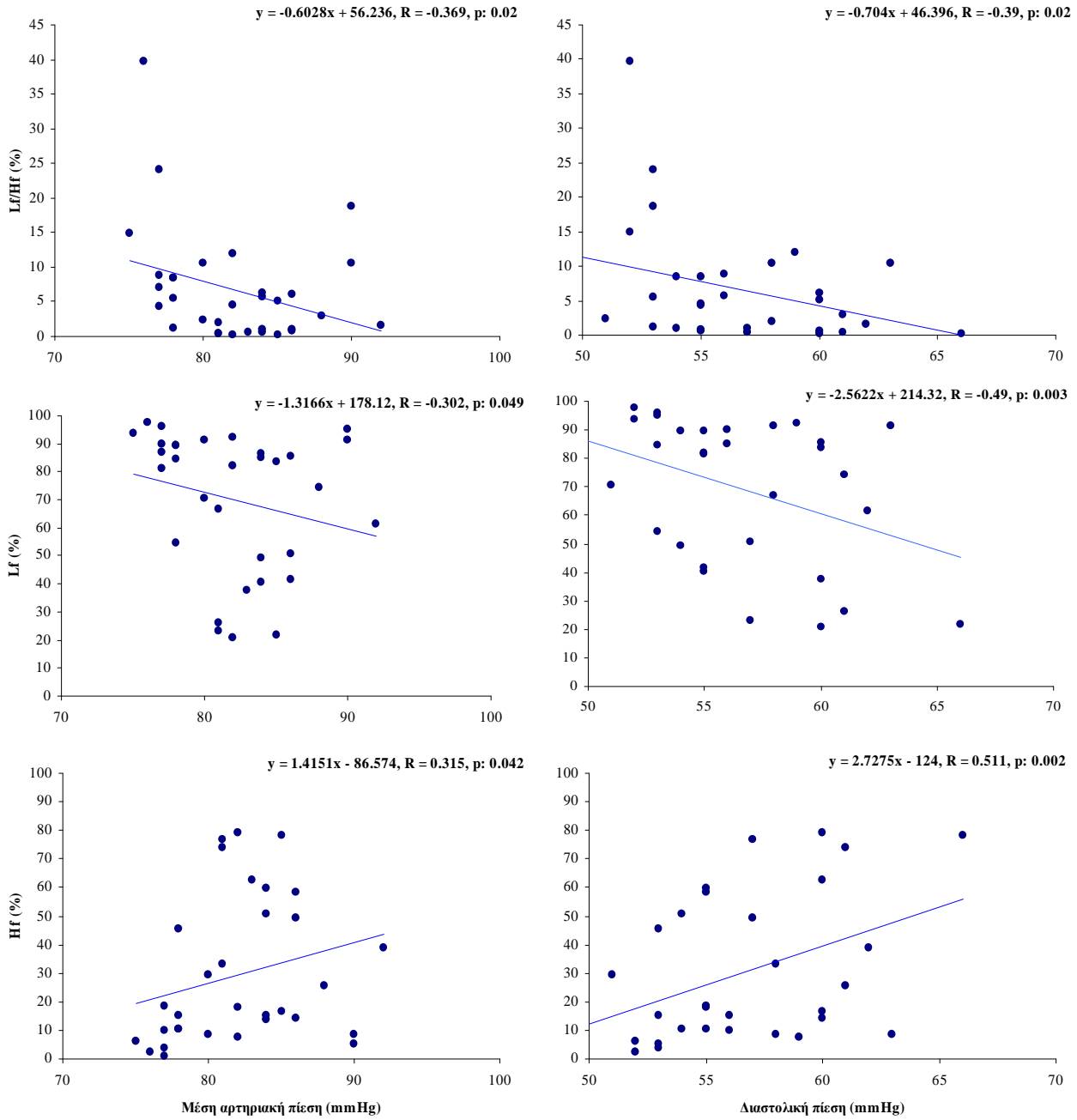
| | Όρθια | Ύπτια |
|--|-----------|----------|
| Ρυθμός αύξησης θερμοκρασίας έως μέγιστη θερμοκρασία (°C/min) | -.964(**) | |
| VO ₂ /kg | .853(**) | .872(**) |
| Ελάχιστη μέση αρτηριακή πίεση μετασκησιακά | -.727(*) | |
| Αιματοκρίτης ηρεμίας | | -.828(*) |
| Αιματοκρίτης αποκατάστασης | | -.699(*) |
| Αιμοσφαιρίνη ηρεμίας | -.664(*) | -.703(*) |
| Ρυθμός εφίδρωσης (L/h) | -.673(*) | |

* : 0.05, ** : 0.01

4.21. Συσχετίσεις μεταβλητών



Σχήμα 4.23. Συσχετίσεις μεταξύ δεικτών συμπαθητικής δραστηριότητας, αρτηριακής πίεσης και δερματικής αγγειακής αντίστασης στη καθιστή αποκατάσταση



Σχήμα 4.24. Συσχετίσεις μεταξύ δεικτών συμπαθητικής – παρασυμπαθητικής δραστηριότητας και αρτηριακής πίεσης στην ύπτια αποκατάσταση

Πίνακας 4.6. Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson *r*) μεταξύ θερμοκρασίας πυρήνα και άλλων μεταβλητών

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | Ύπτια αποκατάσταση |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| Αιματική ροή δέρματος | -0.440** | |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | 0.587** | |
| Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα | -0.450** | |
| Θερμοκρασία ποδιού | | 0.328* |
| Θερμοκρασία στήθους | | 0.624** |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | | 0.490** |
| Μέση θερμοκρασία σώματος | 0.915** | 0.959** |
| Συστολική πίεση | | -0.351* |
| Διαστολική πίεση | | -0.447** |
| Μέση πίεση | -0.336* | -0.530** |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.7. Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson *r*) μεταξύ μέσης θερμοκρασίας δέρματος και άλλων μεταβλητών.

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | Ύπτια αποκατάσταση |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| Καρδιακή συχνότητα | 0.425** | 0.591** |
| Θερμοκρασία πυρήνα | | 0.490** |
| Αιματική ροή δέρματος | 0.355* | |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | -0.693** | -0.479** |
| Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα | 0.424** | |
| Θερμοκρασία δακτύλου | 0.713** | 0.400* |
| Θερμοκρασία πήχη | 0.843** | 0.691** |
| Θερμοκρασία ποδιού | 0.933** | 0.866** |
| Θερμοκρασία στήθους | 0.890** | 0.856** |
| Μέση θερμοκρασία σώματος | 0.849** | 0.706** |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.8. Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson *r*) μεταξύ θερμοκρασίας δακτύλου (μέσος δεξιού άκρου χειρός) και άλλων μεταβλητών.

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | Ύπτια αποκατάσταση |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | -0.612** | |
| Διαφορά θερμοκρασίας πήχη - δακτύλου | -0.838** | -0.894** |
| Θερμοκρασία πήχη | 0.604** | |
| Θερμοκρασία ποδιού | 0.546** | |
| Θερμοκρασία στήθους | 0.750** | 0.576** |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | 0.713** | 0.400* |
| Μέση θερμοκρασία σώματος | 0.697** | 0.335* |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.9. Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson *r*) μεταξύ αιματικής ροής στο δέρμα και άλλων μεταβλητών.

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | Ύπτια αποκατάσταση |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Καρδιακή συχνότητα | 0.476 ** | 0.711** |
| Θερμοκρασία πυρήνα | -0.440 ** | |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | -0.618 ** | -0.746** |
| Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα | 0.759 ** | 0.979** |
| Θερμοκρασία ποδιού | 0.339* | |
| Θερμοκρασία στήθους | 0.322* | |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | 0.355* | |
| Συστολική πίεση | 0.361 * | |
| Διαστολική πίεση | 0.534** | |
| Μέση πίεση | 0.565 ** | |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.10. Σημαντικές συσχετίσεις (Pearson *r*) μεταξύ δερματικής αντίστασης, δερματικής αγγειακής αγωγιμότητας και άλλων μεταβλητών.

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | | Ύπτια αποκατάσταση | |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Αγγειακή αντίσταση | Αγγειακή αγωγιμότητα | Αγγειακή αντίσταση | Αγγειακή αγωγιμότητα |
| Καρδιακή συχνότητα | -0.462** | 0.684** | -0.688** | 0.816** |
| Θερμοκρασία πυρήνα | 0.587** | -0.450** | | |
| Αιματική ροή δέρματος | | 0.759** | -0.746** | 0.979** |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | | -0.705 | | -0.763** |
| Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα | -0.705** | | -0.763** | |
| Θερμοκρασίας πήχη - δακτύλου | 0.454** | | | |
| Θερμοκρασία δακτύλου | -0.612** | | | |
| Θερμοκρασία πήχη | -0.496** | | -0.407* | |
| Θερμοκρασία ποδιού | -0.677** | 0.361* | -0.447** | |
| Θερμοκρασία στήθους | -0.590** | 0.431** | -0.350* | |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | -0.693** | 0.424** | -0.479** | |
| Μέση θερμοκρασία σώματος | -0.506** | | | |
| Συστολική πίεση | | 0.483** | | |
| Διαστολική πίεση | | | | |
| Μέση πίεση | | | | |
| Πίεση παλμού | | 0.342* | | |
| Υψηλό φάσμα συχνότητας μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας(Hf) | 0.299* | | | |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.11. Σημαντικές συσχετίσεις τιμών αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | | | | Ύπτια αποκατάσταση | | | |
|--|--------------------|------------------|----------------------|--------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------|
| | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
| Καρδιακή συχνότητα | 0.590** | | 0.370* | 0.471** | 0.649** | | 0.487** | 0.619** |
| Θερμοκρασία πυρήνα | | | -0.336* | | -0.351* | -0.447** | -0.530** | |
| Αιματική ροή δέρματος | 0.361* | 0.534** | 0.565** | | | | | |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | | | | 0.342* | | | | |
| Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα | 0.483** | | | | | | | |
| Θερμοκρασίας πήχη - δακτύλου | | 0.340* | | | | | | |
| Θερμοκρασία στήθους | 0.326* | | | | | | | |
| Μέση θερμοκρασία σώματος | | | | | | -0.382* | -0.444** | |
| Συστολική πίεση | | | 0.533** | 0.876** | | 0.382* | 0.786** | 0.949** |
| Διαστολική πίεση | | | 0.832** | | 0.382* | | 0.734** | |
| Μέση αρτηριακή πίεση | 0.533** | 0.832** | | | 0.786** | 0.734** | | 0.598** |
| Πίεση παλμου | 0.876** | | | | 0.949** | | 0.598** | |
| Χαμηλό φάσμα συχνοτήτων μεταβλητότητας καρδιακής Συχνότητας (Lf) | | -0.325* | -0.36* | | | -0.49* | -0.302 | |
| Λόγος Χαμηλού / Υψηλού φάσματος συχνοτήτων (Lf/Hf) | | | -0.365* | | | -0.39* | -0.369 | |
| Υψηλού φάσμα συχνοτήτων (Hf) | | | | | | 0.511* | 0.315* | |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.12. Σημαντικές συσχετίσεις τιμών καρδιακής συχνότητας μετασκησιακά

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | | Ύπτια αποκατάσταση | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Ηρεμία | Ηρεμία έως άσκηση | Ηρεμία | Ηρεμία έως άσκηση |
| Αιματική ροή δέρματος | 0.476** | | 0.711** | |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | -0.462** | | -0.688 | |
| Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα | 0.684** | | 0.816** | |
| Θερμοκρασία πύξη | | | 0.496** | |
| Θερμοκρασία ποδιού | 0.324* | | 0.505** | |
| Θερμοκρασία στήθους | 0.480** | | 0.464** | |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | 0.425** | | 0.591** | |
| Συστολική πίεση | 0.590** | | 0.649** | |
| Μέση αρτηριακή πίεση | 0.370* | | 0.487** | |
| Πίεση παλμού | 0.471** | | 0.619** | |

* : 0.05, ** : 0.01

Πίνακας 4.13. Σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ αλλαγών στον όγκο πλάσματος και άλλων μεταβλητών

| Μεταβλητή | Όρθια αποκατάσταση | | Ύπτια αποκατάσταση | |
|---|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Ηρεμία | Ηρεμία έως άσκηση | Ηρεμία | Ηρεμία έως άσκηση |
| Αρχική θερμοκρασία πυρήνα | 0.854* | | | |
| Αιματοκρίτης ηρεμίας | -0.783* | -0.763* | | |
| Ωσμωτική πίεση ηρεμίας | | -0.656* | | |
| Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου | | -0.678* | | |
| Συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης ηρεμίας | -0.735* | | | |
| Συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης αποκατάστασης | | 0.631* | | |
| Αλλαγές όγκου πλάσματος ηρεμία έως άσκηση | | 0.788* | | 0.766* |
| Αλλαγές όγκου πλάσματος ηρεμία έως αποκατάσταση | 0.788* | | 0.766* | |

* : 0.05

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Θερμοκρασία πυρήνα κατά την αποκατάσταση

Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας μετασκησιακά και στις δύο πειραματικές συνθήκες χωρίς την ύπαρξη διαφορών μεταξύ των τύπων αποκατάστασης. Η μέγιστη μετασκησιακή θερμοκρασία πυρήνα σώματος που καταγράψαμε σε δοκιμαζόμενο ήταν 38.7 °C στην όρθια και 39 °C στην ύπτια. Η αύξηση στη θερμοκρασία φαίνεται εξαρχής παράδοξη, δεδομένου ότι η μεταβολική παραγωγή θερμότητας πέφτει δραματικά με το πέρας της προσπάθειας. Πρέπει λογικά να υποθέσουμε ότι η αύξηση αυτή προκαλείται από μετακίνηση θερμότητας, μέσω της κυκλοφορίας, από τους πρότερα ασκούμενους ιστούς προς τη περιοχή των σπλάχνων. Η απότομη μείωση της καρδιακής παροχής σε συνδυασμό με την περιφερική αγγειοσυστολή στο δέρμα, μειώνουν αφενός την ταχύτητα ροής αίματος από το μυϊκό ιστό προς τη περιφέρεια και αφετέρου δυσχεραίνουν την αποβολή θερμότητας μέσω μεταγωγής. Η αποβολή θερμότητας μέσω μεταγωγής κατέχει ξεχωριστή θέση δεδομένου ότι ο μηχανισμός εφίδρωσης και εξάτμισης του ιδρώτα καθίσταται αναποτελεσματικός σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Η πτώση της αιματική ροής στο δέρμα μετασκησιακά, δεδομένης της συνεχώς αυξανόμενης θερμοκρασίας πυρήνα, υποδηλώνει σαφέστατα ότι, κάτω από τις δεδομένες συνθήκες, το αγγειακό πλέγμα του δέρματος υπακούει σε μη θερμορρυθμιστικά αντανακλαστικά. Η υιοθέτηση ύπτιας θέσης υπό τις δεδομένες συνθήκες δε φαίνεται να αναστρέφει ή να επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο. Τόσο η δερματική αγγειακή αγωγιμότητα όσο και η μέση θερμοκρασία δέρματος ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ύπτια θέση. Πρέπει λοιπόν να υποθέσουμε ότι η ύπτια θέση διευκόλυνε τη μεταφορά θερμότητας προς τη περιφέρεια αυξάνοντας την αιματική ροή δέρματος είτε αυξάνοντας τη ροή αίματος σε υποκείμενους ιστούς ή μέσω συνδυασμού των παραπάνω. Ανεξαρτήτως μηχανισμού, η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία δέρματος δε στάθηκε ικανή να μεταβάλει τη θερμοκρασία πυρήνα.

Ανάλυση παλινδρόμησης κατέδειξε ότι μπορούμε να προβλέψουμε μόνο το 49.1% της διασποράς στη θερμοκρασία πυρήνα μέσα από τις μετρούμενες μεταβλητές. Η πορεία της δερματικής αντίστασης στο δέρμα εξήγησε το μεγαλύτερο μέρος της διασποράς (36.6%) και η μέση θερμοκρασία δέρματος το υπόλοιπο. Αντίθετα, στην ύπτια θέση μπορεί να προβλεφθεί μεγαλύτερο μέρος της διασποράς των τιμών με τη θερμοκρασία στήθους να εξηγεί το 43.5% και τη μέση αρτηριακή πίεση το 21%. Συμπεραίνουμε από τα παραπάνω ότι η θερμοκρασία πυρήνα σχετίζεται, υπό τις δεδομένες συνθήκες, με αλλαγές στη δερματική κυκλοφορία, τη θερμοκρασία δέρματος και τη μέση αρτηριακή πίεση. Ενδιαφέρον έχουν και οι συσχετίσεις της θερμοκρασίας πυρήνα με άλλες μεταβλητές στις δύο θέσεις αποκατάστασης. Καταγράψαμε ότι η θερμοκρασία πυρήνα σχετίζεται αρνητικά με την αιματική ροή δέρματος και την δερματική αγγειακή αγωγιμότητα και θετικά με την δερματική αντίσταση. Η ύπτια θέση δε συνοδεύτηκε από παρόμοιες συσχετίσεις. Η θερμοκρασία πυρήνα στην ύπτια θέση συσχετίστηκε θετικά με αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος του ποδιού, του στήθους, τη μέση θερμοκρασία δέρματος και αρνητικά με όλους τους δείκτες της αρτηριακής πίεσης. Η όρθια αποκατάσταση αντίθετα δε συσχετίστηκε με καμία από τις παραπάνω μεταβλητές με εξαίρεση τη μέση αρτηριακή πίεση. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι παρόλο που στις δύο θέσεις σώματος η θερμοκρασία πυρήνα δε διαφέρει οι μεταβλητές που σχετίζονται με τις παρατηρούμενες αλλαγές είναι διαφορετικές. Η ύπτια αποκατάσταση σχετίζεται με αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος υποδηλώνοντας ότι στη συγκεκριμένη θέση υπάρχει απόκριση της δερματικής κυκλοφορίας στη συνεχώς αυξανόμενη θερμοκρασία πυρήνα κάτι το οποίο δεν παρατηρείται στη καθιστή αποκατάσταση. Οι αρχικές μας υποθέσεις στηρίχτηκαν στο γεγονός ότι η πορεία της αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά και η δράση των τασεοαισθητήρων θα επηρεάσουν τη δερματική κυκλοφορία και την αποβολή θερμότητας φαίνεται να επιβεβαιώνονται. Δεν

μπορούμε βέβαια να αποκλείσουμε το να υπάρχει αμφίδρομη σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία πυρήνα και τις αιμοδυναμικές αποκρίσεις μετασκησιακά. Η διακοπή της προσπάθειας συνοδεύεται από πτώση στην καρδιακή παροχή και επομένως από μειωμένη μεταφορά θερμότητας προς τη περιφέρεια. Η αυξημένη θερμοκρασία των μυών επηρεάζει άμεσα την αγωγιμότητα των αγγείων και επιτείνει τη «λειτουργική συμπαθόλυση» οδηγώντας σε μεγαλύτερη λίμναση αίματος, μικρότερη φλεβική επιστροφή, μικρότερο όγκο παλμού και τελικά σε πτώση της αρτηριακής πίεσης. Υπάρχουν πειστικές ενδείξεις ότι η θερμοκρασία μυός επηρεάζει άμεσα τον αγγειακό τόνο συμβάλλοντας σε μειωμένη απόκριση των αγγείων για ελάττωση της διαμέτρου τους (λειτουργική συμπαθόλυση). Οι Heidi et al (2005) κατέδειξαν ότι η ευαισθησία των πουρινεργικών υποδοχέων (P2x), οι οποίοι αυξάνουν τον τόνο των μυϊκών αγγείων, μειώνεται σημαντικά από την αυξημένη θερμοκρασία. Μπορούμε λοιπόν να υποστηρίξουμε ότι η αυξημένη θερμοκρασία των μυών μετασκησιακά αυξάνει περαιτέρω την ενδοτικότητα των αγγείων συμβάλλοντας στο φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης. Φαίνεται λοιπόν ότι οι φυσιολογικοί μηχανισμοί εισάγονται σε ένα φαύλο κύκλο γεγονότων κατά την ανενεργό αποκατάσταση. Η διακοπή της προσπάθειας συνοδεύεται από πτώση της καρδιακής παροχής και μειωμένη φλεβική επιστροφή λόγω παύσης της μυϊκής αντλίας. Η πρότερα παραχθείσα θερμότητα παγιδεύεται στους εργαζόμενους μυς και κατανέμεται μέσω της κυκλοφορίας προς τη περιοχή των σπλάχνων. Η λίμναση αίματος στο μυϊκό ιστό και πιθανόν στα σπλάχνα προκαλεί πτώση στην αρτηριακή πίεση και πρόκληση των τασεοαισθητήρων οι οποίοι μειώνουν την αιματική ροή στο δέρμα και την αποβολή θερμότητας. Αυτό οδηγεί σε επιδείνωση της υπερθερμίας, σε περαιτέρω λίμναση αίματος, πτώση της αρτηριακής πίεσης και μεγαλύτερη δράση των τασεοαισθητήρων και τελικά σε μικρότερη αποβολή θερμότητας. Αυτό γίνεται πιο εμφανές στην όρθια αποκατάσταση όπου η φλεβική επιστροφή είναι ήδη ανεπαρκής. Η

δράση των τασεοαισθητήρων οδηγεί σε μείωση της δερματικής αγγειακής αγωγιμότητας, πτώση της μέσης θερμοκρασίας δέρματος και αύξηση της καρδιακής συχνότητας. Η καρδιακή συχνότητα από μόνη της φαίνεται ότι δε μπορεί να προκαλέσει επαρκή αύξηση της καρδιακής παροχής στο χρόνο. Η πίεση πέφτει σημαντικά στο 20^ο της αποκατάστασης πιθανότατα αντανakλώντας την επιδείνωση της φλεβικής λίμνασης λόγω υπερθερμίας. Δεν υπάρχουν συστηματικές μελέτες γύρω από την μετασκησιακή ανύψωση της θερμοκρασίας πυρήνα. Φαίνεται πάντως και από τα ευρήματά μας πως είναι το αποτέλεσμα ανεπαρκούς αποβολής θερμότητας από το σώμα. Όταν η άσκηση και αποκατάσταση γίνονται σε θερμοουδέτερο- ξηρό περιβάλλον δεν έχει εμφανιστεί μετασκησιακή ανύψωση αλλά η θερμοκρασία πυρήνα πέφτει και σταθεροποιείται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από αυτές της ηρεμίας. Η υψηλή θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος φαίνεται λοιπόν πως επιδεινώνουν την αποβολή θερμότητας οδηγώντας σε περαιτέρω αύξησή της μετά τη διακοπή της προσπάθειας. Σε αυτό πρέπει να συμβάλει η αδυναμία εξάτμισης του ιδρώτα καθώς και η μεγαλύτερη αφυδάτωση η οποία έχει προταθεί ότι επηρεάζει αρνητικά τη θερμορυθμιστική απόκριση. Οι Wyndham et al (1959) παρατήρησαν ότι η θερμοκρασία ορθού συνέχιζε να αυξάνεται μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Οι Banister and Geladas (1988) παρατήρησαν μεγάλες αυξήσεις στη θερμοκρασία πυρήνα μετά από άσκηση στους 38 °C και 90-95% σχετική υγρασία. Οι Kilgour et al (1993) αυξάνοντας τη θερμοκρασία δέρματος κατά την άσκηση με πλαστικές στολές κατέγραψαν αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα μετά τη διακοπή της προσπάθειας κατά 0.1°C (από 39 σε 39.1). Δε μπορούμε να συγκρίνουμε τα ευρήματά μας με τις παραπάνω μελέτες. Συστηματικές μελέτες γύρω από τη μετασκησιακή θερμορύθμιση έχουν πραγματοποιηθεί σε θερμοουδέτερο περιβάλλον και έχουν παρουσιάσει σοβαρές ενδείξεις ότι η πορεία της αρτηριακής πίεσης

μετασκησιακά πορεύεται άρρηκτα με τις θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις και ότι η δερματική κυκλοφορία κατά την αποκατάσταση υπακούει κυρίως σε μη θερμορρυθμιστικά αντανακλαστικά μέσω δράσης των τασεοαισθητήρων (Kenny et al., 2000; Kenny et al., 2006). Οι Kenny et al (2006) παρατήρησαν ότι η άσκηση μεγαλύτερης έντασης (80% VO_2peak) ακολουθήθηκε από μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση, μεγαλύτερες θερμοκρασίες μυών και μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα σε σχέση με την άσκηση χαμηλότερης έντασης. Οι μελετητές απέδωσαν την αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα σε αντίστοιχη πτώση της αρτηριακής πίεσης. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η δερματική αγγειακή αγωγιμότητα μειώθηκε μετασκησιακά αλλά δε διέφερε μεταξύ των συνθηκών. Με ποιο τρόπο λοιπόν κατακρατήθηκε μεγαλύτερο μέρος θερμότητας; Οι ερευνητές διατείνονται ότι η μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση φαίνεται να επηρεάζει τη μεταγωγή θερμότητας από τους μυς προς το πυρήνα. Αναπάντητο παραμένει το ερώτημα κατά πόσο η μεγαλύτερη μεταβολική παραγωγή θερμότητας ήταν αυτή που οδήγησε σε αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα και σε μεγαλύτερη πτώση της αρτηριακής πίεσης μέσω μεγαλύτερης ενδοτικότητας των αγγείων και όχι το αντίστροφο. Οι παραπάνω ερευνητές διατύπωσαν ένα θεωρητικά μοντέλο για την αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα που συμφωνεί απόλυτα με το μοντέλο που προτείναμε πριν τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα, η αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα μετασκησιακά αποδίδεται σε πτώση της αιματικής ροής στο δέρμα, του ρυθμού εφίδρωσης και άρα σε μειωμένη ικανότητα αποβολής θερμότητας. Η θερμότητα των μυών κατανέμεται πλέον με διαφορετικό ρυθμό προς τη περιοχή του πυρήνα οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα. Είναι γεγονός ότι οι Journeay et al (2004) κατάφεραν να αυξήσουν το ρυθμό πτώσης της θερμοκρασίας πυρήνα αναστρέφοντας τη μετασκησιακή υπόταση μέσω εφαρμογής θετικής πίεσης στα κάτω

άκρα. Οι McInnis et al (2006) διαπίστωσαν ότι αποκατάσταση με το κεφάλι κάτω 15° (head down tilt) σε θερμοουδέτερο περιβάλλον συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη μέση αρτηριακή πίεση, όγκο παλμού και δερματική αγγειακή αγωγιμότητα σε σχέση με την καθιστή θέση χωρίς αλλαγές στη καρδιακή παροχή. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμικής απώλειας και μικρότερες τιμές θερμοκρασίας πυρήνα μετασκησιακά. Η υιοθέτηση ύπτιας θέσης στη μελέτη μας αύξησε τη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα αλλά δε μετέβαλλε τη θερμοκρασία πυρήνα. Σημαντικό είναι πάντως το γεγονός ότι η μελέτη των McInnis et al, κατέγραψε, μετασκησιακά, αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα μετά το 20° λεπτό. Δε γνωρίζουμε τη πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα μεταξύ των συνθηκών αν συνεχίζαμε τις μετρήσεις μας πέραν των είκοσι λεπτών. Φαίνεται λοιπόν ότι η πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα συνδέεται με αλλαγές στην αρτηριακή πίεση και την απόκριση των τασεοαισθητήρων επιβεβαιώνοντας τις υποθέσεις μας σχετικά με την πρόκληση της μετασκησιακής ανύψωσης. Η ωσμωτική πίεση έχει προταθεί ως παράγοντας που θα μπορούσε να συμβάλει στη μετασκησιακή ανύψωση. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι, υπό τις παρούσες συνθήκες, κάτι τέτοιο δε φαίνεται πιθανό. Η ωσμωτική πίεση ακολούθησε πτωτική τάση κατά την αποκατάσταση και στις δύο συνθήκες. Η ωσμωτική πίεση βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την ηρεμία στην καθιστή αποκατάσταση αλλά όχι στην ύπτια θέση χωρίς διαφορές μεταξύ των συνθηκών. Αυτό δε φαίνεται να συνοδεύτηκε από αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα αν και δεν μπορούμε να αποκλείσουμε τη δράση της ωσμωτικής πίεσης στη δερματική κυκλοφορία.

Ανεξάρτητα από το μηχανισμό πρόκλησης της μετασκησιακής ανύψωσης της θερμοκρασίας πυρήνα η σπουδαιότητα της παρούσας μελέτης έγκειται στη κλινική σημασία του φαινομένου και τις φυσιολογικές αποκρίσεις που καταγράφονται κατά την εμφάνισή του καθώς και τις επιπτώσεις του στην αθλητική απόδοση. Είναι γεγονός ότι η

πραιτέρω αύξηση στη θερμοκρασία πυρήνα αυξάνει τον κίνδυνο θερμικών διαταραχών. Μια από τις επιζήμιες επιδράσεις της υπερθερμίας έχει να κάνει με την διαπερατότητα των εντερικών αγγείων σε τοξίνες των αρνητικών κατά gram βακτηριδίων όπως είναι το λιποπολυσακχαρίδιο (LPS). Η σπλαχνική κυκλοφορία ελαττώνεται δραματικά κατά την άσκηση σε θερμό περιβάλλον εξυπηρετώντας την ανακατανομή αίματος στο μυϊκό και δερματικό αγγειακό πλέγμα. Αυτό έχει σαν συνέπεια την εξάντληση των αποθεμάτων ενέργειας σε κυτταρικό επίπεδο και σε συνδυασμό με την υπερθερμία σε αλλοίωση – χαλάρωση του εντερικού φραγμού και αύξηση της διαπερατότητας των εντερικών αγγείων στις ενδοτοξίνες. Απελευθέρωση ενδοτοξινών μπορεί να λάβει μέρος σε θερμοκρασίες 38.3 °C και είναι μεγαλύτερη σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες πυρήνα. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι μια περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα προδιαθέτει σε εκδήλωση επικίνδυνων φαινομένων για την υγεία των ασκουμένων. Ενδιαφέρον είναι και το γεγονός ότι η δράση των ενδοτοξινών συνοδεύεται από υπερθερμία, περιφερική αγγειοσυστολή και υπόταση, γεγονότα δηλαδή που παρατηρούμε και στη παρούσα μελέτη. Ο ρόλος του LPS στις παρατηρούμενες φυσιολογικές αποκρίσεις δε μπορεί να αποκλειστεί και δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες που να έχουν διερευνήσει το ρόλο του στη μετασκησιακή θερμορύθμιση. Η μετασκησιακή ανύψωση πιθανότατα ευθύνεται για τη μειωμένη απόδοση όταν πραγματοποιείται διαλειμματική προσπάθεια σε θερμό περιβάλλον σε σχέση με τη συνεχόμενη (Kraning and Gonzalez, 1991). Η διαλειμματική προσπάθεια έχει δείχθει ότι συνοδεύεται από σταδιακά μεγαλύτερες θερμοκρασίες πυρήνα κάτι το οποίο δε παρατηρείται στη συνεχόμενη προσπάθεια, πιθανότατα λόγω καλύτερης μεταφοράς θερμότητας. Είναι λοιπόν φανερό ότι πρέπει να υιοθετηθούν αποτελεσματικοί τρόποι μείωσης της θερμοκρασίας πυρήνα για την ασφάλεια και απόδοση των αθλουμένων. Η παρούσα μελέτη κατέδειξε ότι η ύπτια

ανενεργός αποκατάσταση δεν αναστρέφει τη μετασκησιακή θερμική ανύψωση αλλά διευκολύνει τη μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον (μέσω μεγαλύτερης δερματικής αγγειακής αγωγιμότητας) και διατηρεί την αρτηριακή πίεση με λιγότερο φυσιολογικό έργο προστατεύοντας από επικίνδυνες πτώσεις στην πίεση. Το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης αγγειακής αγωγιμότητας δέρματος φαίνεται πως εξοστρακίζεται, υπό τις συνθήκες της παρούσας μελέτης, από τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στην ύπτια θέση λόγω μικρότερης εκτιθέμενης επιφάνειας σώματος προς το περιβάλλον σε σχέση με την καθήμενη θέση.

5.2. Θερμοκρασία δέρματος.

Η μέση θερμοκρασία δέρματος ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ύπτια αποκατάσταση σε σχέση με την όρθια θέση. Αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει παλαιότερες παρατηρήσεις σύμφωνα με τις οποίες η υιοθέτηση ύπτια θέσης συνοδεύεται, κατά την ηρεμία, από μεγαλύτερη θερμοκρασία δέρματος σε σχέση με την όρθια ή καθιστή θέση καθώς και από μικρότερη θερμοκρασία πυρήνα (Kobayashi, 1980; Mayerson, 1938). Η αυξημένη θερμοκρασία δέρματος στην ύπτια θέση φαίνεται πως δε σχετίζεται με αλλαγές στην αιματική ροή στον πήχη λόγω θέσης, μιας και η αιματική ροή δέρματος δε διέφερε μεταξύ των συνθηκών. Επιπλέον, τόσο στην ύπτια όσο και στην όρθια αποκατάσταση η συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας πήχη και αιματική ροής ήταν μικρή και μη στατιστικά σημαντική υποδηλώνοντας ότι αιματική ροή, υπό τις δεδομένες συνθήκες, δεν αποκρίνεται σε θερμορυθμιστικά ερεθίσματα, δηλαδή την τοπική δερματική θερμοκρασία. Η πτωτική όμως τάση της θερμοκρασίας δέρματος και στις δύο θέσεις αποκατάστασης πρέπει να αποδοθεί στη πτώση της αιματικής ροής στο δέρμα δεδομένου ότι τόσο η θερμοκρασία πυρήνα όσο και η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν παρόμοιες ανάμεσα στις συνθήκες. Από τα αποτελέσματα πολλαπλής παλινδρόμησης επιπλέον δεν προκύπτει σημαντική προβλεπτική ισχύς της αιματικής

ροής στο πήχη στη μέση θερμοκρασία δέρματος. Η ύπτια θέση λοιπόν, φαίνεται ότι συνοδεύεται από καλύτερη θερμορρυθμιστική απόκριση στην συνεχώς αυξανόμενη θερμοκρασία πυρήνα. Αυτό καταδεικνύεται και από τη θετική και στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ θερμοκρασίας πυρήνα και μέσης θερμοκρασίας δέρματος στην ύπτια αποκατάσταση ($r: .490, p: 0.05$) ενώ δεν ισχύει το ίδιο για την καθιστή αποκατάσταση ($r: 0.238, ns$). Αυτό πιθανότατα πραγματοποιείται μέσω διαφορετικής αυτόνομης ενεργοποίησης σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερου όγκου αίματος κεντρικά και άρα μικρότερης πρόκλησης των καρδιοπνευμονικών αντανάκλαστικών για τη διατήρηση της πίεσης και άρα μεγαλύτερης κατανομής αίματος περιφερικά για την αντιμετώπιση της υπερθερμίας. Ανάλυση παλινδρόμησης μας αποκάλυψε ότι η θερμοκρασία δέρματος σχετίζεται με διαφορετικούς παράγοντες μεταξύ των δύο θέσεων αποκατάστασης. Αλλαγές στην συστολική αρτηριακή πίεση εξηγούν το 45% (30.7% από τη συνολικά 67.9% εξηγημένη διασπορά) της διασποράς στην όρθια αποκατάσταση. Αντίστοιχα, στην ύπτια θέση αλλαγές στη καρδιακή συχνότητα και τη θερμοκρασία πυρήνα εξηγούν το 49% και 38.5% της εξηγημένης διασποράς της θερμοκρασίας δέρματος. Παρατηρούμε ότι αλλαγές στην αρτηριακή πίεση (μη θερμορρυθμιστικός παράγων) επηρεάζουν τη πορεία της θερμοκρασίας δέρματος μετασκησιακά όταν η αποκατάσταση γίνεται στη καθιστή θέση ενώ αντίθετα, στην ύπτια θέση φαίνεται πως υπάρχει συμμετοχή της θερμοκρασίας πυρήνα στη διασπορά τιμών της θερμοκρασίας δέρματος. Οι ενδείξεις αυτές μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ύπτια αποκατάσταση επιτρέπει στη δερματική κυκλοφορία να ανταποκριθεί καλύτερα στις θερμορρυθμιστικό της ρόλο, δεδομένης της συνεχιζόμενης αύξησης της θερμοκρασίας πυρήνα. Αντίθετα, η μεγαλύτερη πτώση της αρτηριακής πίεσης στην όρθια αποκατάσταση και η επακόλουθη πρόκληση των τασεοαντανάκλαστικών πιθανότατα οδηγεί σε μειωμένη απόκριση της δερματικής κυκλοφορίας στο θερμορρυθμιστικό ερέθισμα

από την αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα. Μη θερμορρυθμιστικοί παράγοντες όπως η αφυδάτωση και η αυξημένη ωσμωτικότητα δε φαίνεται να επηρέασαν τη διαφορετική απόκριση της θερμοκρασίας δέρματος στις δύο συνθήκες αποκατάστασης μιας και δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στην αλλαγή σωματικού βάρους, το συνολικό ρυθμό εφίδρωσης και στις τιμές ωσμωτικής πίεσης μεταξύ των δύο συνθηκών. Πρέπει όμως να επισημάνουμε ότι η ωσμωτική πίεση παρέμεινε σημαντικά αυξημένη, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές ηρεμίας, στην όρθια αποκατάσταση ενώ στην ύπτια θέση επέστρεψε στις τιμές ηρεμίας. Έτσι, σε σχέση με τα προσασκησιακά επίπεδα η όρθια αποκατάσταση συνοδεύεται από μεγαλύτερη ωσμωτικότητα και πιθανόν να επηρέασε κεντρικούς και περιφερικούς θερμορρυθμιστικούς παράγοντες, όπως το σημείο ρύθμισης θερμοκρασίας στον υποθάλαμο, η αιματική ροή στο δέρμα και ο ρυθμός εφίδρωσης. Ενδιαφέρον πάντως προκαλεί το γεγονός ότι τόσο στην όρθια όσο και στην ύπτια αποκατάσταση οι καλύτερες προβλέψεις της θερμοκρασίας δέρματος είναι μη θερμορρυθμιστικοί παράγοντες. Σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις μας η ύπτια αποκατάσταση φαίνεται να ευνοεί τη μεταφορά θερμότητας προς τη περιφέρεια για δεδομένη θερμοκρασία πυρήνα παρόλο που στην εν λόγω θέση ο συντελεστής αγωγιμότητας είναι σημαντικά μικρότερος (hc ύπτια= 2.5) σε σχέση με την καθιστή αποκατάσταση (hc καθιστή = 4) λόγω της μικρότερης εκτιθέμενης επιφάνειας προς το περιβάλλον. Αυτό γίνεται χωρίς να υπονομεύεται η πορεία της αρτηριακής πίεσης και με λιγότερο φυσιολογικό έργο για την καρδιά, δεδομένης της μικρότερης καρδιακής συχνότητας σε σχέση με την όρθια θέση. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος, υπό τις δεδομένες συνθήκες, δε συμβαδίζουν με αλλαγές στην αιματική ροή στο πήχη. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι μη στατιστικά σημαντικές αλλαγές στην αιματική ροή οδηγούν σε μεγάλες αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος ή ότι η αιματική ροή εκδηλώνεται διαφορετικά σε διαφορετικά

δερματικά αγγειακά πλέγματα. Πράγματι, υπάρχουν βιβλιογραφικές ενδείξεις για διαφορετική αγγειακή απόκριση της αιματικής ροής (δέρμα και υποκείμενοι ιστοί) στο πρήξιμο σε σχέση με το μηρό μετά από διαφορετική πρόκληση των τασεοαισθητήρων (Essandoh, 1987). Η διαφορετική δράση του συμπαθητικού συστήματος φαίνεται και από τη συσχέτιση που υπήρξε μεταξύ δερματικής αντίστασης και συμπαθητικού δείκτη μέσα από ανάλυση μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας στην όρθια αποκατάσταση. Η ύπτια θέση δε συνοδεύτηκε από μια παρόμοια συσχέτιση. Μια διαφορετική δράση του συμπαθητικού συστήματος μπορεί να εξαχθεί και από απλή παρατήρηση της θερμοκρασίας δακτύλου στη μελέτη μας. Είναι γνωστό ότι τα δερματικά αγγεία στη περιοχή της παλάμης νευρώνονται αποκλειστικά από συμπαθητικές αγγειοσυσταλτικές ίνες. Παρατηρήσαμε ότι η θερμοκρασία δακτύλου ήταν σημαντικά μεγαλύτερη και ακολούθησε σε μέγεθος τις αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα κατά τη ύπτια θέση ενώ στην καθιστή αποκατάσταση η θερμοκρασία παρέμεινε από την αρχή της αποκατάστασης σταθερή και αμετάβλητη παρά την αυξανόμενη θερμοκρασία πυρήνα. Δεδομένης της παρόμοιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και πυρήνα στις δύο θέσεις σώματος δικαιούμαστε να συμπεράνουμε ότι η σημαντικά μεγαλύτερη θερμοκρασία δακτύλου στην ύπτια θέση πρέπει να αποδοθεί σε αυξημένη αιματική ροή λόγω μικρότερης επίδρασης του συμπαθητικού αγγειοσυσταλτικού μηχανισμού. Βέβαια πρέπει να σημειώσουμε ότι η διαφορετική θέση του άκρου σε σχέση με την καρδιά στις δύο θέσεις αποκατάστασης μπορεί να επηρεάσει την αιματική ροή μέσω τοπικού ρυθμιστικού μηχανισμού ο οποίος ανταποκρίνεται σε αλλαγές στον όγκο αίματος στα φλεβικά και τριχοειδικά αγγεία (venoarterial reflex) (Rowel, 1993). Η διαφορετική πάντως αυτή απόκριση πρέπει να σχετίζεται από διαφορετική δράση των τασεοαισθητήρων στις δύο θέσεις. Πράγματι, όπως φαίνεται από τα δεδομένα μας η δερματική αγγειακή αντίσταση ήταν μεγαλύτερη στην όρθια θέση ενώ δε

μεταβλήθηκε σημαντικά στην ύπτια αποκατάσταση. Ενδιαφέρουσα είναι η παρατήρηση ότι στατιστικά σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος μεταξύ των δύο συνθηκών άρχισαν να εμφανίζονται μετά το πέμπτο λεπτό της αποκατάστασης, στο ίδιο δηλαδή χρονικό σημείο που έχουμε εμφάνιση σημαντικών διαφορών στη δερματική αγγειακή αντίσταση. Μελέτες οι οποίες εξέτασαν τη μετασκησιακή θερμορύθμιση σε διαφορετικά περιβάλλοντα (ουδέτερο, θερμό και ξηρό) και πρωτόκολλα άσκησης (leg extension, διαφορετική ένταση διάρκεια) παρατήρησαν ότι η μέση θερμοκρασία δέρματος ακολουθεί πτωτική τάση παρά την αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και επιπλέον ότι η μετασκησιακή θερμορυθμιστική απόκριση επηρεάζεται άμεσα από την αρτηριακή πίεση και το βαθμό μετασκησιακής υπότασης (Kenny 2006). Οι Kenny et al (2006) διαπίστωσαν ότι όταν η αποκατάσταση γίνεται με το δοκιμαζόμενο σε κλίση 15° (head down tilt) η μεγαλύτερη αρτηριακή πίεση συνοδεύεται από μεγαλύτερη πτώση της θερμοκρασίας πυρήνα σε σχέση με την καθιστή αποκατάσταση. Η κλίση του σώματος κατά 15° συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα και όγκο παλμού χωρίς αλλαγές στη καρδιακή παροχή. Άρα για δοσμένη καρδιακή παροχή, στη δεδομένη θέση η θερμική απώλεια ήταν μεγαλύτερη. Τα δεδομένα μας επιβεβαιώνουν για πρώτη φορά τα παραπάνω συμπεράσματα και για το θερμό και υγρό περιβάλλον. Η μετασκησιακή υπόταση ήταν γεγονός μόνο στην όρθια αποκατάσταση και συνοδεύτηκε στη μελέτη μας από μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αντίσταση και μικρότερη θερμοκρασία δέρματος σε σχέση με την ύπτια θέση. Πρέπει όμως να σημειώσουμε ότι αύξηση της δερματικής αγγειακής αντίστασης έλαβε χώρα πολύ πριν παρατηρηθούν στατιστικά σημαντικές αλλαγές στη μέση αρτηριακή πίεση. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πίεση στη καθιστή αποκατάσταση διατηρήθηκε σε παρόμοια επίπεδα με την ύπτια θέση με κόστος όμως της αιματικής ροής στο δέρμα και της θερμορυθμιστικής

απόκρισης. Οι Thoden et al (1991) παρατήρησαν ότι η μετά από δεκαπεντάλεπτη άσκηση η θερμοκρασία δέρματος επέστρεψε στις τιμές ηρεμίας παρόλο που η θερμοκρασία πυρήνα παρέμεινε σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας. Σε επόμενες μελέτες οι Kenny et al (2000) κατέδειξαν ότι το κατώφλι έναρξης της αγγειοδιαστολής και εφίδρωσης μετατοπίζεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα μετασκησιακά οδηγώντας σε πτώση της δερματικής αγγειακής αγωγιμότητας για δοσμένη θερμοκρασία πυρήνα σε σχέση με την ηρεμία. Οι ίδιοι ερευνητές κατέδειξαν επιπλέον ότι το κατώφλι έναρξης της αγγειοδιαστολής στο δέρμα επανέρχεται όταν μειωθεί ο ερεθισμός των τασεοαισθητήρων μέσω αύξησης της αρτηριακής πίεσης (Kenny et al, 2000). Συμπερασματικά, η υιοθέτηση ύπτιας θέσης κατά την αποκατάσταση μετά από άσκηση και θερμό και υγρό περιβάλλον συνοδεύεται από αύξηση της θερμοκρασίας δέρματος σε σχέση με την όρθια αποκατάσταση μέσω αποδοτικότερης καρδιαγγειακής αντιμετώπισης της μετασκησιακής υπερθερμίας. Ανεξαρτήτως μηχανισμού πάντως, η μεγαλύτερη θερμοκρασία δέρματος στο δέρμα κατά την ύπτια αποκατάσταση δε μετέβαλε σημαντικά τη πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα πιθανότατα λόγω του μικρότερου συντελεστή αγωγιμότητας σε σχέση με την όρθια θέση και άρα τη μικρότερη αποβολή θερμότητας μέσω μεταγωγής.

5.3. Αιματική ροή στο δέρμα.

Η αιματική ροή στο δέρμα παρουσίασε απότομη μείωση αμέσως μετά το τέλος της άσκησης παρόλο που η θερμοκρασία πυρήνα συνέχιζε να αυξάνεται. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η δερματική αγγειακή ροή, υπό τις συνθήκες του παρόντος πειράματος, υπακούει εξολοκλήρου σε μη θερμορυθμιστικά ερεθίσματα ακολουθώντας αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας πυρήνα. Η συσχέτιση ανάμεσα στην αιματική ροή και τη θερμοκρασία πυρήνα στη καθιστή αποκατάσταση ήταν σημαντική με αρνητικό πρόσημο ενώ δεν προέκυψε σημαντική συσχέτιση στην ύπτια συνθήκη. Η υιοθέτηση

ύπτιας θέσης δε συνοδεύτηκε από στατιστικά σημαντική αύξηση της αιματικής ροής στο πήχη παρόλο που υπήρξε μια τάση για ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τη καθιστή αποκατάσταση. Επιπλέον, δεν υπήρξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας πήχη και αιματικής ροής τόσο στην ύπτια όσο και στην όρθια αποκατάσταση. Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης κατέδειξε ότι στην όρθια θέση μόνο το 54.7% της διασποράς μπορεί να προβλεφθεί από τις μετρούμενες μεταβλητές. Το 46.3% της διασποράς φαίνεται να εξηγείται από αλλαγές στην μέση αρτηριακή πίεση (84% της εξηγημένης διασποράς) και το 8.4% (15% της εξηγημένης διασποράς) από αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα με αρνητικό όμως συντελεστή. Αντίθετα, στην ύπτια θέση μπορεί να προβλεφθεί μεγαλύτερο μέρος της διασποράς (70.1%) με την καρδιακή συχνότητα να εξηγεί το 50.6% (72% της εξηγημένης διασποράς), τη συστολική πίεση το 10.9% (15.5% της εξηγημένης διασποράς) και τη μέση θερμοκρασία δέρματος το 8.7% (12.4% της εξηγημένης διασποράς). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι, παρόλο που δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αιματική ροή μεταξύ των δύο θέσεων, οι παράγοντες που σχετίζονται και πιθανόν επηρεάζουν τη πορεία της μεταβλητής είναι διαφορετικοί. Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν τις ερευνητικές μας υποθέσεις ότι αλλαγές στην αρτηριακή πίεση επηρεάζουν την αποβολή θερμότητας μετασκησιακά και ότι η ύπτια θέση διευκολύνει την μεταφορά θερμότητας προς την περιφέρεια. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις συσχετίσεις των μεταβλητών. Αλλαγές στην αιματική ροή συσχετίζονται σημαντικά στην όρθια αποκατάσταση με αλλαγές στην αρτηριακή πίεση ενώ στην ύπτια θέση δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με κανένα δείκτη αρτηριακής πίεσης. Επιπλέον, καταδεικνύουμε για πρώτη φορά ότι η αιματική ροή στο δέρμα ακολουθεί πτωτική πορεία, υπό το πρίσμα της συνεχώς αυξανόμενης θερμοκρασίας πυρήνα μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον, υπακούοντας σε μη θερμορυθμιστικά αντανакλαστικά. Αυτό

καταδεικνύεται και από τη σημαντικά μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αντίσταση στην όρθια αποκατάσταση. Παρόλο που η αιματική ροή δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των συνθηκών, ο συνδυασμός των τιμών αρτηριακής πίεσης και αιματικής ροής οδηγεί σε στατιστικά σημαντικές διαφορές στη δερματική αγγειακή αντίσταση και αγωγιμότητα. Φαίνεται λοιπόν ότι η δερματική αντίσταση και αγωγιμότητα αποδίδουν καλύτερα τις αγγειακές αποκρίσεις στο δέρμα στην αλλαγή θέσης. Η μετασκησιακή υπόταση εμφανίστηκε μόνο στην όρθια θέση οδηγώντας σε πρόκληση των τασεοαισθητήρων και σε αύξηση της δερματικής αγγειακής αντίστασης. Αυτό αντανακλάται και στη σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία δέρματος στην ύπτια αποκατάσταση. Σημαντικές αλλαγές στην αντίσταση των δερματικών αγγείων εμφανίστηκαν ήδη από το 5^ο λεπτό της αποκατάστασης ενώ διαφορές στην αρτηριακή πίεση, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας μεταξύ των συνθηκών, προέκυψαν στο 20^ο λεπτό. Αυτό σημαίνει ότι στην όρθια αποκατάσταση η πρόκληση των τασεοαισθητήρων και επακόλουθη συμπαθητική ενεργοποίηση διατηρούν σταθερή την αρτηριακή πίεση σε κόστος της δερματικής κυκλοφορίας και της θερμορυθμιστικής απόκρισης. Αντίθετα, η υιοθέτηση ύπτιας θέσης αυξάνοντας τον όγκο αίματος κεντρικά αποσοβεί τη δράση των τασεοαισθητήρων και επιτρέπει μεγαλύτερο μέρος της καρδιακής παροχής να διατεθεί για θερμορυθμιστικές ανάγκες χωρίς υπονόμηση της αρτηριακής πίεσης. Ενδιαφέρον προκαλεί και το γεγονός ότι η αιματική ροή δε διέφερε μεταξύ των συνθηκών παρόλο που η μέση θερμοκρασία δέρματος ήταν μεγαλύτερη στην ύπτια θέση. Αντίθετα, οι πορείες της δερματικής αγγειακής αντίστασης και αγωγιμότητας (Ροή αίματος / Πίεση) αποδίδουν καλύτερα τις αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αλλαγές στην αιματική ροή του πύχην πιθανότατα δεν αντανακλούν συστηματικές αλλαγές στη δερματική αγγειακή απόκριση στην αλλαγή θέσης και ότι πιθανόν διαφορετικές δερματικές περιοχές

να αποκρίνονται διαφορετικά στις αλλαγές θέσεως και στην επακόλουθη δράση των τασεοαισθητήρων. Οι Brown et al (1993) παρατήρησαν ότι οι θερμοκρασίες πύχην και στήθους μειώθηκαν μετασκησιακά ενώ οι θερμοκρασία δέρματος των ασκηθέντων μυών του ποδιού παρέμεινε αυξημένη υποδηλώνοντας διαφορετική αγγειακή απόκριση των συγκεκριμένων περιοχών. Εναλλακτικά, η μη στατιστικά σημαντική τάση για υψηλότερη αιματική ροή στο δέρμα του πύχην πιθανόν να οδηγεί σε στατιστικά σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος. Επιπλέον, η θερμοκρασία δέρματος μπορεί να αυξηθεί και λόγω αύξησης της αιματικής ροής σε υποκείμενους ιστούς. Αν η αιματική ροή στο πύχην αντιπροσωπεύει τη δερματική αγγειακή ανταπόκριση σε όλο το σώμα τότε πρέπει να υποστηρίξουμε ότι η αυξημένη θερμοκρασία δέρματος στην ύπτια θέση προκλήθηκε από αύξηση της αιματικής ροής σε υποδόριους ιστούς δεδομένης της παρόμοιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και πυρήνα. Ορμονικές αλλαγές που συνοδεύουν τις δύο θέσεις σώματος επηρεάζουν την αγγειακή αγωγιμότητα. Συγκεκριμένα, ο μετακίνηση αίματος κεντρικά στην ύπτια θέση αυξάνει τη φλεβική επιστροφή και τον όγκο αίματος στους κόλπους οδηγώντας σε απελευθέρωση του κολπικού νατριουρητικού πεπτιδίου (ANP). Το εν λόγω πεπτίδιο παρεμποδίζει τη δράση του συστήματος ρενίνης – αγγειοτενσίνης – αλδοστερόνης οδηγώντας σε χάλαση του λείου μυϊκού ιστού των αγγείων και σε μεγαλύτερη αγγειακή αγωγιμότητα. Πράγματι, υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που δείχνουν ότι το ANP παραμένει αυξημένο μόνο όταν η αποκατάσταση γίνεται σε ύπτια θέση (Ray et al, 1990). Επιπλέον, είναι γνωστό ότι ύπτια θέση συνοδεύεται από μικρότερες συγκεντρώσεις αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH) η οποία προκαλεί έντονη αγγειοσυστολή (Claybough et al, 1986). Η μεγαλύτερη αγγειακή αντίσταση στην όρθια θέση δε φαίνεται να προκλήθηκε, σύμφωνα με τα αποτελέσματα, από διαφορετικό βαθμό αφυδάτωσης και τιμές ωσμωτικής πίεσης. Τόσο ο συνολικός ρυθμός εφίδρωσης όσο και η ωσμωτική πίεση δε διέφεραν μεταξύ των

συνθηκών. Η ύπτια αποκατάσταση συνοδεύτηκε από γρήγορη επαναφορά της οσμωτικής πίεσης στα επίπεδα ηρεμίας ενώ στην όρθια θέση η οσμωτική πίεση παρέμεινε σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές ηρεμίας. Δε μπορούμε να αποκλείσουμε λοιπόν το ρόλο της οσμωτικής πίεσης στις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις στη συγκεκριμένη συνθήκη. Η αυξημένη οσμωτικότητα είναι γνωστό ότι επιδρά στα υποθαλάμια κέντρα οδηγώντας σε αύξηση του σημείου αναφοράς ρύθμισης της θερμοκρασίας σώματος και σε μειωμένη απόκριση των θερμορυθμιστικών οργάνων για δοσμένη θερμοκρασία πυρήνα (Turlejska et al, 1986). Εναλλακτικά, η εκτεταμένη δερματική αγγειοσυστολή στη καθιστή αποκατάσταση και η μειωμένη πίεση στο δεξιό κόλπο πιθανόν να διευκολύνουν τη λεμφική επιστροφή αλβουμίνης, όπως έχει δειχθεί σε πρόσφατες μελέτες, και να συμβάλουν στη μη επαναφορά της οσμωτικής πίεσης κατά τη καθιστή αποκατάσταση διευκολύνοντας όμως έτσι την κατακράτηση υγρών και την ομοιοστατική αύξηση του όγκου πλάσματος σε μεγαλύτερα επίπεδα (Mack et al, 1998). Είναι γνωστό ότι μόνο η καθιστή ή πλήρως όρθια θέση σώματος οδηγεί σε κατακράτηση αλβουμίνης και σε αύξηση του όγκου πλάσματος μετασκησιακά, σε σχέση με την ύπτια θέση, με άγνωστο μηχανισμό (Nagashima et al, 1999). Από τα δεδομένα μας δε μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα αύξησης του θερμορυθμιστικού σημείου αναφοράς στα υποθαλάμια κέντρα. Η συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα στη παρούσα μελέτη, σε συνδυασμό με τη περιφερική αγγειοσυστολή και τη πτώση της θερμοκρασίας και της αιματικής ροής δέρματος αποτελούν ενδείξεις κατακράτησης θερμότητας οι οποίες απαντώνται όταν γίνεται μετατόπιση του σημείου ρύθμισης της θερμοκρασίας σώματος σε υψηλότερα επίπεδα. Πράγματι υπάρχουν ενδείξεις από παλαιότερες έρευνες ότι ασκησιογενείς παράγοντες μπορούν να μετατοπίσουν το σημείο αναφοράς της θερμοκρασίας στον υποθάλαμο (Turlejska et al, 1986). Εναλλακτικά, η συμπεριφορά της δερματικής

κυκλοφορίας μετασκησιακά μπορεί να ερμηνευτεί με βάσει τις υποθέσεις που διατυπώσαμε πριν τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Η ανενεργός αποκατάσταση συνοδεύεται από δραστική μείωση της καρδιακής παροχής και άρα της ροής αίματος εν γένει στα αγγειακά πλέγματα. Επακόλουθο αυτής της μείωσης θα είναι η πτώση της αιματικής ροής στο δέρμα. Αυτό γίνεται τόσο μηχανικά λόγω μειωμένης ροής αλλά και ομοιοστατικά για τη διατήρηση της πίεσης υπό το πρίσμα της λίμνασης αίματος στους πρότερα εργαζόμενους μυς. Επιπλέον, η μειωμένη συμπαθητική δραστηριότητα για δεδομένες αλλαγές στη πίεση, λόγω μειωμένης ευαισθησίας των τασεοαισθητήρων μετασκησιακά, σε συνδυασμό με τοπικούς αγγειοδιασταλτικούς παράγοντες σε μυϊκό επίπεδο οδηγούν στο φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης (Halliwill, 2001). Η επακόλουθη πρόκληση των τασεοαισθητήρων οδηγεί σε δερματική αγγειοσυστολή και αποσύνδεση της δερματικής κυκλοφορίας από το θερμορυθμιστικό της ρόλο. Η καθιστή αποκατάσταση, δεδομένης της ανενεργού πλέον μυϊκής αντλίας, επιφορτίζει περαιτέρω τους τασεοαισθητήρες μετακινώντας όγκο αίματος κάτω από το επίπεδο της καρδιάς και μειώνοντας τη φλεβική επιστροφή. Αυτό αντανακλάται άμεσα στην αυξημένη δερματική αντίσταση και καρδιακή συχνότητα. Η πίεση διατηρείται τα πρώτα 15 λεπτά της αποκατάστασης επιφορτίζοντας το καρδιοαγγειακό σύστημα και παρεμποδίζοντας την απώλεια θερμότητας. Αντίθετα, η ύπτια θέση μέσω μεγαλύτερης φλεβικής επιστροφής μειώνει την εκφόρτιση των τασεοαισθητήρων οδηγώντας σε μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα και επιτρέποντας μεγαλύτερο μέρος της καρδιακής παροχής να αξιοποιηθεί για θερμορυθμιστικούς λόγους χωρίς να υπονομεύεται η αρτηριακή πίεση. Ανάλυση παλινδρόμησης αποκάλυψε ότι η πτώση της αιματικής ροής στην ύπτια θέση σχετίζεται με αλλαγές στη καρδιακή συχνότητα και άρα εμμέσως σε αλλαγές στη καρδιακή παροχή. Αντίθετα, η όρθια αποκατάσταση σχετίζεται με αλλαγές στη μέση αρτηριακή πίεση.

Καμία μελέτη μέχρι τώρα δεν έχει διερευνήσει τη μετασκησιακή θερμορύθμιση και τη δερματική αγγειακή απόκριση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Μπορούμε να συγκρίνουμε όμως τα δεδομένα μας με μελέτες που διερεύνησαν τη μετασκησιακή θερμορύθμιση σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Ο Geladas (1990) μελετώντας την επίδραση της θέσης σώματος στους μηχανισμούς απώλειας θερμότητας παρατήρησε ότι η αιματική ροή στο δέρμα μειώθηκε πιο πολύ μετασκησιακά στην όρθια σε σχέση με την ύπτια αποκατάσταση. Αυτό συνέβη παρόλο που η μέση αρτηριακή πίεση βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη στην όρθια αποκατάσταση. Οι Kenny et al (2006) σε πρόσφατη μελέτη τους παρατήρησαν ότι η δερματική αγωγιμότητα μειώθηκε σημαντικά κατά την αποκατάσταση μετά από δεκαπεντάλεπτη ισοκινητική άσκηση έκτασης των γονάτων στο 60% και 80% της συγκεκριμένης VO_{2peak} . Η μετασκησιακή υπόταση και η θερμοκρασία πυρήνα ήταν μεγαλύτερες κατά την αποκατάσταση μετά από άσκηση στο 80%. Η μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση και θερμοκρασία πυρήνα δε συνοδεύτηκε όμως από διαφορετικές αποκρίσεις στη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα μεταξύ των συνθηκών. Οι ερευνητές απέδωσαν τη διαφορά στη θερμοκρασία πυρήνα σε επίδραση του μεγέθους της μετασκησιακής υπότασης στη μεταφορά θερμότητας μέσω μεταγωγής, από τους πρότερα εργαζόμενους μυς προς το πυρήνα. Βέβαια δε μπορούμε να αποκλείσουμε το γεγονός, η μεγαλύτερη μεταβολική παραγωγή θερμότητας στο 80% και η παγίδευσή της μετασκησιακά, λόγω μειωμένης ροής αίματος, να προκάλεσε μεγαλύτερη τοπική αγγειοδιαστολή και να οδήγησε σε πτώση της αρτηριακής πίεσης. Οι McInnis et al (2006) μελέτησαν τη μετασκησιακή θερμορυθμιστική απόκριση όταν η αποκατάσταση γινόταν σε καθιστή θέση ή με το δοκιμαζόμενο κεκλιμένο με το κεφάλι κάτω κατά 15° (head down tilt). Απενεργοποίηση των τασεοαισθητήρων που συνοδεύει τη κεκλιμένη θέση επέφερε μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα, ρυθμό εφίδρωσης, μέση

αρτηριακή πίεση και όγκο παλμού σε σχέση με την καθιστή αποκατάσταση. Αυτό οδήγησε σε σημαντική μείωση της θερμοκρασίας πυρήνα ήδη από το 15° λεπτό της 60λεπτης αποκατάστασης. Οι ερευνητές απέδωσαν τα ευρήματα στη διαφορετική δράση των τασεοαισθητήρων στις δύο θέσεις σώματος.

Όλες οι παραπάνω μελέτες διεξήχθησαν σε διαφορετικά περιβάλλοντα και χρησιμοποίησαν διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης και αποκατάστασης σε σχέση με τη μελέτη μας. Επιπλέον, καμία έρευνα μέχρι τώρα δε μελέτησε τη συμπεριφορά της δερματικής κυκλοφορίας σε συνθήκες συνεχώς αυξανόμενης θερμοκρασίας πυρήνα. Το συμπέρασμα που πρέπει να εξαχθεί από τα παραπάνω είναι ότι η μετασκησιακή πορεία της δερματικής αιματικής ροής επηρεάζεται άμεσα από μη θερμορυθμιστικούς παράγοντες. Η μετασκησιακή υπόταση καθώς και η μειωμένη καρδιακή παροχή φαίνεται πως σχετίζονται άμεσα με την δερματική αιματική ροή. Η μελέτη μας έρχεται να επιβεβαιώσει τα παραπάνω δεδομένα και για το θερμό και υγρό περιβάλλον και να ενισχύσει την υπόθεση ότι το αγγειακό πλέγμα του δέρματος μετασκησιακά υπακούει κυρίως σε μη θερμορυθμιστικά ερεθίσματα, οδηγώντας σε κατακράτηση θερμότητας. Η υιοθέτηση ύπτιας θέσης φαίνεται ότι διευκολύνει την αποβολή θερμότητας αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία δέρματος και την δερματική αγγειακή αγωγιμότητα. Αυτό όμως φαίνεται δεν είναι αρκετό για να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα. Πιθανή εξήγηση φαίνεται να είναι ο μικρότερος συντελεστής αγωγιμότητας (hc) λόγω μικρότερης επιφάνειας ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον στην ύπτια σε σχέση με την καθιστή θέση. Τέλος, τα δεδομένα μας καταδεικνύουν το σημαντικό ρόλο της εξάτμισης ιδρώτα στη θερμορυθμιστική απόκριση. Διευκόλυνση της αποβολής θερμότητας μόνο με μεταγωγή δεν επαρκεί υπό τις κλιματικές συνθήκες της μελέτης μας να αναστρέψει τη μετασκησιακή ανύψωση στη θερμοκρασία πυρήνα.

5.4. Μετασκησιακές αποκρίσεις στην αρτηριακή πίεση

Η παρούσα εργασία διερεύνησε για πρώτη φορά την πορεία και το μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης σε περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας καθώς και την επίδραση της θέσης σώματος στο παραπάνω φαινόμενο. Η αρχική μας υπόθεση στηρίχτηκε στο γεγονός ότι η ύπτια αποκατάσταση θα συνοδεύει από μικρότερη μετασκησιακή υπόταση. Πράγματι, η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατέδειξε ότι παρόλο το ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές ηρεμίας και αποκατάστασης ανάμεσα στις δύο συνθήκες, οι τιμές της μέσης αρτηριακής και συστολικής πίεσης παρουσίασαν τάση για υψηλότερες τιμές στην ύπτια θέση. Πράγματι, υπάρχουν πρόσφατες μελέτες που έχουν καταγράψει ότι η μετασκησιακή υπόταση δε διαφέρει μεταξύ των συνθηκών σε θερμοουδέτερο περιβάλλον μετά από εξαντλητική άσκηση (Raine, 2001). Η μετασκησιακή υπόταση στη παραπάνω μελέτη ήταν εμφανής και στις δύο θέσεις σώματος αλλά με διαφορετικές φυσιολογικές αποκρίσεις. Η καθιστή αποκατάσταση συνοδεύτηκε από πτώση του όγκου παλμού και από μεγαλύτερες περιφερικές αντιστάσεις ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε στην ύπτια θέση. Η μέση αρτηριακή πίεση μειώθηκε σαν αποτέλεσμα παρόμοιας πτώσης της διαστολικής πίεσης και της πίεσης παλμού στις δύο θέσεις. Δεδομένου ότι η καρδιακή παροχή δε διέφερε μεταξύ των συνθηκών οι ερευνητές απέδωσαν τη παρόμοια πτώση της πίεσης σε επανατοποθέτηση του σημείου αναφοράς των τασεοαισθητήρων σε χαμηλότερα επίπεδα. Οι παρατηρήσεις εξήχθησαν από διαφορετικό πρωτόκολλο άσκησης και σε διαφορετικό περιβάλλον σε σχέση με το δικό μας. Προσεκτικότερη ανάλυση των αποτελεσμάτων μας οδηγεί σε πολύ διαφορετικά συμπεράσματα. Η αρτηριακή πίεση στη παρούσα μελέτη δε μεταβάλλεται σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας όταν υιοθετείται η ύπτια θέση αποκατάστασης. Αντίθετα, η όρθια αποκατάσταση συνοδεύεται από σημαντική διαφορά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας

καταδεικνύοντας ότι μόνο στην παραπάνω συνθήκη εμφανίστηκε μετασκησιακή υπόταση. Ανάλυση των ελάχιστων τιμών αρτηριακής πίεσης, κατά την αποκατάσταση, κατέδειξε ότι η όρθια αποκατάσταση συνοδεύεται από σημαντικά χαμηλότερες τιμές μέσης και συστολικής αρτηριακής πίεσης σε σχέση με την ύπτια χωρίς διαφορές στη διαστολική πίεση. Φαίνεται λοιπόν, ότι οι ελάχιστες τιμές πίεσης που εμφάνισε κάθε δοκιμαζόμενος κατά την αποκατάσταση και άρα η πίεση η οποία θα προκαλέσει αντανakλαστικές ομοιοστατικές αποκρίσεις είναι σημαντικά χαμηλότερες κατά την όρθια αποκατάσταση. Αυτό πιθανότατα εξηγεί και το γεγονός ότι μόνο στην εν λόγω συνθήκη είχαμε συμπτώματα ζάλης από τους δοκιμαζόμενους και μάλιστα κατά τα τελευταία λεπτά της αποκατάστασης. Με βάση τα παραπάνω, δικαιούμαστε να υποστηρίξουμε ότι η μετασκησιακή υπόταση υπήρξε εντονότερη στην όρθια θέση και ότι πτώση της αρτηριακής πίεσης είναι μεγαλύτερη όταν η αποκατάσταση γίνεται σε καθιστή θέση σε σχέση με την ύπτια μετά από άσκηση σε θερμό – υγρό περιβάλλον. Η διαφορετική χρονική εμφάνιση των ελάχιστων τιμών πίεσης καθώς και η μεταβλητότητα των τιμών πιθανόν να εξηγεί και το ότι η ανάλυση διασποράς δεν απέδωσε σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών παρά την τάση των τιμών για υψηλότερη πίεση στην ύπτια θέση. Επιπλέον, βρισκόμαστε μπροστά στο δίλημμα της φυσιολογικής και κλινικής σημαντικότητας σε σχέση με τη στατιστική σημαντικότητα. Ανεξάρτητα από τις τιμές συστολικής και μέσης πίεσης, η διαστολική πίεση στην ύπτια αποκατάσταση ήταν σημαντικά χαμηλότερη, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές ηρεμίας κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε στην όρθια αποκατάσταση. Επιπλέον, τόσο η διαστολική όσο και η πίεση παλμού υπήρξε σημαντικά χαμηλότερη στην ύπτια αποκατάσταση σε σχέση με την καθιστή. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι η όρθια αποκατάσταση συνοδεύτηκε από συστολική υπόταση ενώ αντίθετα η ύπτια από διαστολική υπόταση και μικρότερη πίεση παλμού. Η πίεση παλμού είναι γνωστό ότι επηρεάζεται από τον όγκο παλμού, την

ταχύτητα εξώθησης του αίματος και την ενδοτικότητα των αγγείων (Vander, 2003). Θεωρώντας δεδομένο ότι ο όγκος παλμού είναι μεγαλύτερος στην ύπτια θέση οι μικρότερες τιμές πίεσης παλμού πρέπει να αποδοθούν στους άλλους δύο παράγοντες και κυρίως στην ενδοτικότητα των αγγείων. Αυτό μπορούμε να στηρίξουμε στο γεγονός ότι η δερματική αγγειακή αντίσταση, σαν δείκτης τοπικής αντίστασης, δε μεταβλήθηκε σημαντικά στην ύπτια θέση ενώ ήταν σημαντικά αυξημένη στην όρθια. Επιπλέον, τόσο η μέση θερμοκρασία δέρματος όσο και δερματική αγγειακή αγωγιμότητα υπήρξαν σημαντικά υψηλότερες στην ύπτια θέση υποδηλώνοντας σαφέστατα μεγαλύτερη περιφερική ροή αίματος και άρα μεγαλύτερη αγγειακή ενδοτικότητα. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με τα ευρήματα των Coats et al (1989) οι οποίοι παρατήρησαν ότι η διαστολική πίεση ήταν μειωμένη καθ' όλη την ύπτια αποκατάσταση των εξήντα λεπτών σαν αποτέλεσμα εμμένουσας μετασκησιακής αγγειοδιαστολής και πτώσης των συνολικών περιφερικών αντιστάσεων. Πτώση στη διαστολική πίεση στην ύπτια αποκατάσταση παρατήρησε και ο Geladas (1990) σε σχέση με τη καθιστή θέση.

Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης ανέδειξε ότι τόσο στην όρθια όσο και στην ύπτια αποκατάσταση η πτώση της συστολικής πίεσης σχετίζεται με αλλαγές στη καρδιακή συχνότητα (Αλλαγή R^2 0.395 στην όρθια και 0.347 στην ύπτια). Επιπλέον προβλέπεται στην όρθια συνθήκη ήταν η θερμοκρασία ποδιού (αλλαγή R^2 0.138) ενώ στην ύπτια ήταν η δερματική αγγειακή αγωγιμότητα και μέση θερμοκρασία δέρματος (αλλαγή R^2 0.148 και 0.138 αντίστοιχα). Φαίνεται λοιπόν ότι η κύρια παράμετρος που σχετίζεται με αλλαγές στη συστολική πίεση (και για τις δύο συνθήκες) είναι η πτώση της καρδιακής συχνότητας ενώ υπάρχει συμμετοχή της δερματικής κυκλοφορίας και θερμοκρασίας. Η ερμηνεία του παραπάνω ευρήματος πρέπει να συνδεθεί με τη πτώση της καρδιακής παροχής που συνοδεύει τη διακοπή της προσπάθειας και η οποία αντιπροσωπεύεται εμμέσως στη πτώση της καρδιακής συχνότητας. Έτσι, ανεξάρτητα από τους

αγγειακούς και νευρικούς παράγοντες που θα οδηγήσουν σε μετασκησιακή υπόταση η πτώση της συστολικής πίεσης θα μπορούσε να αποδοθεί και σε πτώση της καρδιακής παροχής. Τόσο η συστολική όσο και η μέση πίεση φαίνεται ότι διατηρούνται σταθερές στα πρώτα δεκαπέντε λεπτά στην όρθια συνθήκη με μεγαλύτερο όμως φυσιολογικό κόστος. Η καρδιακή συχνότητα είναι σημαντικά μεγαλύτερη, η δερματική αγγειακή αντίσταση υψηλότερη και η μέση θερμοκρασία δέρματος χαμηλότερη σε σχέση με την ύπτια. Η καρδιακή παροχή διατηρείται μέσω αυξημένης καρδιακής συχνότητας και η πίεση σταθεροποιείται αυξάνοντας τις περιφερικές αντιστάσεις. Φαίνεται λοιπόν ότι η θερμορρυθμιστική απόκριση έρχεται σε δεύτερη μοίρα δεδομένης της συνεχώς αυξανόμενης θερμοκρασίας πυρήνα και ότι η αντανακλαστική απόκριση των τασσεαισθητήρων δυσχεραίνει περισσότερο την αποβολή θερμότητας. Μετασκησιακή υπόταση εμφανίστηκε μετά το 15^ο λεπτό μόνο στην όρθια συνθήκη υποδηλώνοντας αδυναμία του καρδιαγγειακού να διατηρήσει τη πίεση στη θέση αυτή σε σχέση με την ύπτια. Καταγράψαμε στη παρούσα μελέτη ότι η δράση του συμπαθητικού συστήματος, όπως αυτή αντανακλάται μέσα από το λόγο του χαμηλού προς το υψηλό φάσμα συχνοτήτων, δεν διέφερε μεταξύ των συνθηκών παρουσιάζοντας αυξητική όμως τάση στο χρόνο. Υπήρξε πάραυτα μια τάση για πτώση της συμπαθητικής δραστηριότητας μετά το 15^ο λεπτό της όρθιας αποκατάστασης. Η επικρατούσα θεωρία για την πρόκληση μετασκησιακής υπότασης υποστηρίζει ότι η συμπαθητική δραστηριότητα είναι μειωμένη για δεδομένες αλλαγές στη πίεση κατά την αποκατάσταση και ότι η καρδιακή παροχή δε μπορεί να αντισταθμίσει τη πτώση στη συνολική περιφερική αντίσταση (Halliwill, 2001). Υποθέτοντας παρόμοια καρδιακή παροχή μεταξύ των συνθηκών πρέπει να συμπεράνουμε ότι η αντανακλαστική περιφερική αγγειοσυστολή μέσω τασσεαισθητήρων καθίσταται ανεπαρκής μετά από κάποιο χρονικό σημείο στην όρθια θέση, οδηγώντας σε μειωμένη φλεβική επιστροφή, μικρότερο όγκο παλμού, πτώση

της καρδιακής παροχής και τελικά της πίεσης. Αυτό πιθανότατα εξηγεί και τα συμπτώματα ζάλης που εμφάνισαν κάποιοι από τους δοκιμαζόμενους. Η ύπτια θέση αντίθετα, μέσω της επαρκούς φλεβικής επιστροφής συνοδεύεται από πτώση αλλά σταθεροποίηση της πίεσης σε επίπεδα με αυτά της ηρεμίας χωρίς την εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης. Αυτό φαίνεται ότι συνοδεύεται από μεγαλύτερη περιφερική κατανομή της καρδιακής παροχής όπως αυτό αντανακλάται από τη σημαντικά μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα και μέση θερμοκρασία δέρματος. Ανεξάρτητα από τη διαφορετική δράση των τασεοαισθητήρων στις δύο θέσεις αποκατάστασης, υπάρχουν και διαφορετικές ορμονικές αποκρίσεις. Η ύπτια θέση έχει φανεί ότι συνοδεύεται από αυξημένη απελευθέρωση του κολπικού νατριουρητικού πεπτιδίου (ANP) σαν αποτέλεσμα αυξημένης κολπικής πίεσης αίματος. Το πεπτίδιο αυτό ελαττώνει τη δράση του συστήματος ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης ενώ φαίνεται ότι μειώνει και τη δράση της αντιδιουρητικής ορμόνης. Η παραπάνω δράση οδηγεί σε μειωμένη αγγειοσυστολή και αυξημένη αγγειακή ενδοτικότητα. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι η ρενίνη αυξάνει τη συμπαθητική δραστηριότητα οδηγώντας σε αύξηση του αγγειακού τόνου.

Ανάλυση παλινδρόμησης κατέδειξε ότι στην όρθια συνθήκη η μέση αρτηριακή πίεση σχετίζεται κυρίως με αλλαγές στην αιματική ροή δέρματος (R^2 : 0.463) και τη θερμοκρασία πήχη (R^2 : 0.102). Η ύπτια θέση αντίθετα με αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα με αρνητικό πρόσημο (R^2 : 0.281), τη καρδιακή συχνότητα (R^2 : 0.186) και σε μικρότερο βαθμό την αιματική ροή στο δέρμα (R^2 : 0.098). Φαίνεται ότι η μέση αρτηριακή πίεση σχετίζεται με διαφορετικές παραμέτρους στις δύο συνθήκες. Το γεγονός ότι η αιματική ροή στο δέρμα εξηγεί μεγάλο μέρος της διασποράς στη μέση αρτηριακή πίεση καταδεικνύει τη σαφώς αμφίδρομη σχέση των δύο παραμέτρων. Δε μπορούμε βέβαια να υποστηρίξουμε ότι η πτώση της αιματικής ροή στο δέρμα προκάλεσε αντίστοιχη πτώση στη μέση αρτηριακή πίεση. Μπορούμε όμως να καταγράψουμε τη στενή συσχέτιση μεταξύ

των δύο παραμέτρων, θεωρώντας ότι η πορεία της μέσης πίεσης είναι αυτή που πιθανότατα συνεισέφερε στη πτώση της αιματικής ροής στο δέρμα, δεδομένου ότι η μέση πίεση ήταν η καλύτερη προβλέπουσα της αιματικής ροής στην όρθια θέση. Από την ανάλυση αυτή κρίνεται σκόπιμο να σημειώσουμε ότι η πορεία θερμορρυθμιστικών παραμέτρων στην όρθια αποκατάσταση σχετίζονται στενά με αλλαγές στην αρτηριακή πίεση. Αντίθετα, η μέση πίεση στην ύπτια σχετίζεται με αντίστροφες αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα και με αλλαγές στη καρδιακή συχνότητα. Η σχέση των θερμορρυθμιστικών παραμέτρων με τη πορεία της μέσης πίεσης θεωρούμε ότι δεν πρέπει να αποδοθεί σε τυχαίους παράγοντες. Σημειώνουμε για άλλη μια φορά ότι η εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης στην όρθια θέση συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αντίσταση και μικρότερη θερμοκρασία δέρματος. Με βάση τα παραπάνω κρίνουμε σκόπιμο να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη ενός θεωρητικού μοντέλου για την αλληλεπίδραση των φυσιολογικών αποκρίσεων κατά την αποκατάσταση. Η απόσυρση της κεντρικής εντολής και η διακοπή της δράσης της μυϊκής αντλίας μετασκησιακά και στις δύο θέσεις οδηγεί αναπόφευκτα σε πτώση της καρδιακής παροχής και της αρτηριακής πίεσης. Η υιοθέτηση καθιστής αποκατάστασης μέσω της επίδρασης της βαρύτητας προκαλεί τη δράση των τασεοαισθητήρων οι οποίοι αυξάνουν τη καρδιακή συχνότητα και μειώνουν τη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα ήδη από το 5^ο λεπτό της αποκατάστασης. Η πίεση διατηρείται σταθερή μέχρι το 15^ο λεπτό, οπότε οι παραπάνω μηχανισμοί καθίστανται αναποτελεσματικοί και έχουμε την εμφάνιση της μετασκησιακής υπότασης. Αντίθετα, η ύπτια θέση πλεονεκτώντας στη φλεβική επιστροφή διατηρεί την αρτηριακή πίεση χωρίς ερεθισμό των τασεοαισθητήρων. Αυτό επιτρέπει μέρος της καρδιακής παροχής να διατεθεί περιφερικά για θερμορρυθμιστικούς λόγους. Αυτό αντανακλάται στη σημαντικά μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα

και θερμοκρασία δέρματος σε σχέση με την όρθια συνθήκη.

Υπάρχουν ελάχιστες μελέτες που διερεύνησαν τις μετασκησιακές αιμοδυναμικές αλλαγές σε θερμό περιβάλλον. Η παρούσα εργασία διερεύνησε για πρώτη φορά το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης σε θερμό και υγρό περιβάλλον καθώς και πώς αυτό μεταβάλλεται με την αλλαγή θέσης σώματος. Ο Geladas (1990) ήταν από τους πρώτους που μελέτησαν την επίδραση της θέσης σώματος στις μετασκησιακές θερμορυθμιστικές αποκρίσεις. Μετά από άσκηση σε θερμοουδέτερο περιβάλλον παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μέση αρτηριακή πίεση στη καθιστή απόκατάσταση και μικρότερη διαστολική πίεση στην ύπτια θέση χωρίς αλλαγές στη συστολική πίεση. Τα ευρήματά μας συμφωνούν όσον αφορά τη διαστολική πίεση αλλά όχι τη μέση και συστολική. Αύξηση στη συστολική πίεση στα πρώτα πέντε λεπτά της αποκατάστασης παρατήρησαν και οι Coats et al (1989) η οποία όμως μειώθηκε σημαντικά στα επόμενα λεπτά της αποκατάστασης.

Οι Kilgour et al (1993) σύγκριναν τις αιμοδυναμικές αποκρίσεις μετά από υπομέγιστη άσκηση σε θερμό και ουδέτερο περιβάλλον. Καθιστή ανενεργός απόκατάσταση στο θερμό περιβάλλον συνοδεύτηκε από μικρότερη συνολική περιφερική αντίσταση και διαστολική πίεση. Η συστολική πίεση μειώθηκε σημαντικά και στις δύο συνθήκες μετασκησιακά χωρίς διαφορές μεταξύ τους ενώ η καρδιακή παροχή βρέθηκε σημαντικά αυξημένη στο θερμό περιβάλλον παρά τη μείωση του όγκου παλμού. Τα δεδομένα τους επιβεβαιώνουν τα ευρήματά μας ότι η μετασκησιακή υπόταση εντείνεται σε θερμό περιβάλλον. Επιπλέον, τρεις από τους δοκιμαζόμενους της παραπάνω μελέτης παρουσίασαν λιποθυμικές τάσεις στο θερμό περιβάλλον παρόμοιες με τους δικούς μας δοκιμαζόμενους. Οι Franklin et al (1993) μελέτησαν το ρόλο της θερμορυθμιστικής απόκρισης στο μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης. Άσκηση σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον και αποκατάσταση σε θερμό περιβάλλον συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση σε σχέση με την

αποκατάσταση σε ουδέτερο περιβάλλον. Οι μελετητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της αιματικής ροής στο δέρμα και η επακόλουθη πτώση των περιφερικών αντιστάσεων για θερμορυθμιστικούς λόγους ευθύνεται για την πρόκληση μετασκησιακής υπότασης. Οι παραπάνω ισχυρισμοί έχουν σοβαρές αδυναμίες δεδομένου ότι δεν μέτρησαν την αιματική ροή στο δέρμα (η οποία αποδεδειγμένα μειώνεται και δεν αυξάνεται μετασκησιακά) και επιπλέον δεν μπορούν να διαχωρίσουν την επίδραση της άσκησης από αυτή του περιβάλλοντος στις παρατηρούμενες μεταβολές. Οι Brown et al (1993) μελετώντας την επίδραση της πίεσης και των θερμορυθμιστικών αποκρίσεων σε καθιστή απόκατάσταση παρατήρησαν σημαντική μείωση της συστολικής και μέσης πίεσης χωρίς αλλαγές στη διαστολική. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι μετασκησιακή υπόταση εμφανίστηκε στο 20^ο λεπτό όπως και στη μελέτη μας. Ταυτόχρονα, παρατήρησαν πτώση στη θερμοκρασία στήθους και άνοδο στη θερμοκρασία μηρού η οποία εξηγήθηκε ως αγγειοσυστολή στις ανενεργές περιοχές, μέσω δράσης των τασεοαισθητήρων και αγγειοδιαστολή στις περιοχές των εργαζόμενων μυών λόγω τοπικών παραγόντων. Η πτώση στην αρτηριακή πίεση αποδόθηκε σε περιφερική αύξηση της αιματικής ροής στο μηρό και τα σπλάχνα. Οι Kenny et al (2001, 2006) σε μια σειρά μελετών τους σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον έχουν υποστηρίξει ότι το μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης σχετίζεται άμεσα, μέσω τασεοαισθητήρων, με τη αποβολή θερμότητας και την ανύψωση της θερμοκρασίας πυρήνα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Οι ίδιοι ερευνητές έχουν αποδείξει ότι η δράση των τασεοαισθητήρων μετατοπίζει το κατώφλι έναρξης αγγειοδιαστολής σε υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα και επίσης ότι το μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης σχετίζεται άμεσα με το κατώφλι αγγειοδιαστολής. Ο ίδιος ερευνητής (2006) παρατήρησε ότι η μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση συνοδεύτηκε από μεγαλύτερη καθυστέρηση στην επαναφορά της θερμοκρασίας οισοφάγου και μύος σε επίπεδα

ηρεμίας. Οι McInnis et al (2006) εφαρμόζοντας κλίση 15° με το κεφάλι κάτω ανέστρεψαν τη μετασκησιακή υπόταση και κατάφεραν να μειώσουν τη θερμοκρασία οισοφάγου μετασκησιακά σε σχέση με την καθιστή αποκατάσταση, αυξάνοντας το ρυθμό εφίδρωσης και τη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα. Παρόλο που η μελέτη μας κατέδειξε μετασκησιακή υπόταση μόνο στην καθιστή αποκατάσταση, η αυξημένη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα δεν κατάφερε να μεταβάλει τη πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα. Αυτό πιθανότατα υποδηλώνει τη σημασία της εξάτμισης του ιδρώτα η οποία ήταν αναποτελεσματική υπό τις συνθήκες του πειράματός μας. Οι Jougeay et al (2003) παρατήρησαν ότι η παθητική και ενεργητική κίνηση των μελών μετασκησιακά συνοδεύεται από μεγαλύτερη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα, σε σχέση με ανενεργό αποκατάσταση κυρίως λόγω μεγαλύτερης μέσης αρτηριακής πίεσης. Η αύξηση της αγωγιμότητας όμως δε συνοδεύτηκε από σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα και δέρματος. Οι Jackson and Kenny (2003) εφαρμόζοντας θετική πίεση στα κάτω άκρα μετασκησιακά κατάφεραν να επαναφέρουν το κατώφλι έναρξης της αγγειοδιαστολής και εφίδρωσης σε φυσιολογικά επίπεδα και να μειώσουν τη θερμοκρασία οισοφάγου. Αντίθετα, ανενεργός καθιστή αποκατάσταση συνοδεύτηκε από σημαντική αύξηση του κατωφλιού αγγειοδιαστολής και εφίδρωσης. Οι ερευνητές απέδωσαν τα αποτελέσματα σε επίδραση της λίμνασης αίματος και της υπότασης που τη συνοδεύει σε αντανεκλαστική μείωση της θερμικής απώλειας μέσω τασεοαισθητήρων.

Τα παραπάνω ευρήματα καταδεικνύουν το ρόλο της αρτηριακής πίεσης στη θερμορρυθμιστική απόκριση και ενισχύουν την υπόθεσή μας ότι η ύπτια θέση συνοδεύεται από διευκόλυνση της απώλειας θερμότητας μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Η μελέτη μας για πρώτη φορά κατέδειξε ότι η σε θερμό και υγρό περιβάλλον η μετασκησιακή υπόταση εμφανίζεται μόνο στη καθιστή θέση και ότι η μείωση της δράσης των τασεοαισθητήρων με την υιοθέτηση ύπτιας θέσης διευκολύνει την

απώλεια θερμότητας. Η παρέμβαση αυτή πάντως δε μεταβάλει τη πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα πιθανότατα λόγω της ανεπαρκούς εξάτμισης του ιδρώτα αλλά επίσης και λόγω του μικρότερου συντελεστή μεταγωγής στην ύπτια σε σχέση με την όρθια θέση σαν αποτέλεσμα μικρότερης επιφάνειας ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον.

5.5. Ανάλυση μεταβλητότητας καρδιακής συχνότητας (HR variability)

Παρατηρήσαμε ότι ο λόγος του χαμηλού προς το υψηλό φάσμα συχνοτήτων (Lf/Hf), ο οποίος έχει φανεί ότι είναι δείκτης επίδρασης του συμπαθητικού στο καρδιαγγειακό σύστημα, παρουσίασε αυξητική τάση στη φάση της αποκατάστασης. Επιπλέον, παρατηρήσαμε πτωτική τάση μετά το 15° λεπτό της καθιστής αποκατάστασης η οποία συνέπεσε με την εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης στην εν λόγω συνθήκη. Αν η τάση αυτή, κατά την αποκατάσταση, έχει φυσιολογική σημασία τότε μπορεί να αποδοθεί σε αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας σαν απάντηση της πτώσης της αρτηριακής πίεσης. Πράγματι καταγράψαμε σημαντική αρνητική συσχέτιση τόσο της διαστολικής όσο και της μέσης πίεσης με το χαμηλό φάσμα συχνοτήτων και το λόγο χαμηλού προς υψηλό φάσμα συχνοτήτων και στις δύο θέσεις αποκατάστασης.

Η φυσιολογική σημασία αυτού του ευρήματος είναι σημαντική δεδομένου ότι δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα δεδομένα γύρω από την αυτόνομη ανταπόκριση κατά την αποκατάσταση σε έντονες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως αυτές της παρούσας εργασίας. Είναι γνωστό ότι η απότομη διακοπή της μυϊκής προσπάθειας συνοδεύεται από σημαντική αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας πολλές φορές σε τέτοιο βαθμό που να επιφέρει άμεσο κίνδυνο για την υγεία του ασκούμενου αυξάνοντας τον κίνδυνο καρδιακής ανακοπής κυρίως σε ηλικιωμένους ή άτομα με καρδιακά προβλήματα (Brenner, Thomas and Shephard., 1998). Αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας μετά από άσκηση σε θερμό περιβάλλον έχει καταγραφεί μόνο σε μία

μελέτη στα μεσοδιαστήματα διαλειμματικής άσκησης και έχει αποδοθεί υποθετικά σε ομοιοστατική απόκριση για τη διατήρηση της αρτηριακής πίεσης (Brenner et al, 1997). Ένας από τους κύριους μηχανισμούς που έχουν προταθεί για τη πρόκληση μετασκησιακής υπότασης είναι η μειωμένη συμπαθητική δραστηριότητα λόγω επανατοποθέτησης των τασεοαισθητήρων σε χαμηλότερες τιμές πίεσης (Halliwill, 2001). Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ αρτηριακής πίεσης και των δεικτών συμπαθητικής ενεργοποίησης στη μελέτη μας δε γνωρίζουμε αν μπορεί να αποδοθεί στο παραπάνω μηχανισμό. Γεγονός είναι ότι παρατηρήσαμε μια τάση για απότομη μείωση στο λόγο Lf/Hf μετά το 15^ο λεπτό που συνέπεσε με αντίστοιχη πτώση στη μέση αρτηριακή πίεση και εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης στη καθιστή αποκατάσταση. Ενδιαφέρον είναι και το γεγονός ότι υπήρξε σημαντική συσχέτιση των δεικτών συμπαθητικής δραστηριότητας μόνο με τη μέση και διαστολική πίεση αλλά όχι με τη συστολική πίεση. Αυτό ενισχύει τη φυσιολογική σημασία των ευρημάτων και επιβεβαιώνει τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Οι Sanders and Ferguson (1989) κατέδειξαν ότι η διαστολική και μέση πίεση είναι αυτή που καθορίζει τις αυτόνομες αποκρίσεις στις αλλαγές της πίεσης και όχι η συστολική πίεση ή η πίεση παλμού. Συγκεκριμένα, οι παραπάνω ερευνητές παρατήρησαν ότι η συστολική πίεση και η πίεση παλμού αυξήθηκαν ενώ αντίθετα η διαστολική και μέση πίεση μειώθηκαν μετά από χορήγηση αγγειοδιαστολέα (νιτροπρωσικό) για τη πρόκληση των τασεοαισθητήρων. Η συμπαθητική δραστηριότητα των αγγείων του μυός αυξήθηκε σε απάντηση της πτώσης στη διαστολική πίεση η οποία προκάλεσε τη μείωση της μέσης πίεσης και την αντανεκλαστική απόκριση των τασεοαισθητήρων. Οι Cooke et al (1999) έχουν αμφισβητήσει τη χρησιμότητα της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (Heart rate variability) σα δείκτη συμπαθητικής δραστηριότητας. Η συμπαθητική δραστηριότητα μετρούμενη άμεσα στο περονιαίο νεύρο αυξήθηκε ανάλογα με την πτώση της αρτηριακής πίεσης

χωρίς αυτό όμως να συνοδεύεται από αντίστοιχες αλλαγές, όπως θα αναμενόταν, στο χαμηλό φάσμα συχνοτήτων. Οι ίδιοι μελετητές υποστήριξαν ότι εμφάνιση των ταλαντώσεων γύρω από τις συχνότητες της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας πρέπει να αναζητηθούν σε κεντρικό βηματοδότη και όχι σε συμπαθητική ενεργοποίηση μέσω αλλαγών στη πίεση. Επιπλέον, πολλές μελέτες έχουν παρατηρήσει ότι το χαμηλό φάσμα συχνοτήτων μπορεί να επηρεαστεί όχι μόνο από το συμπαθητικό αλλά και από το παρασυμπαθητικό μέσω του πνευμογαστρικού νεύρου (Stauss, 2003).

Η ύπαρξη μεγάλης ενδοατομικής διασποράς στις τιμές της καρδιακής μεταβλητότητας, υπό τις συνθήκες της παρούσας μελέτης, πιθανόν να αντανεκλά και τη μεταβλητότητα στις τιμές της αρτηριακής πίεσης. Αντίθετα με το χαμηλό φάσμα (Lf) και το λόγο χαμηλού υψηλού φάσματος (Lf/Hf), το υψηλό φάσμα συχνοτήτων συσχετίστηκε θετικά με τη μέση και διαστολική πίεση μόνο στην ύπτια συνθήκη. Το υψηλό φάσμα συχνοτήτων έχει συνδεθεί με τη δράση του πνευμογαστρικού νεύρου και της παρασυμπαθητικής επίδρασης στο φλεβόκομβο (Stauss, 2003). Είναι γνωστό ότι η ύπτια θέση συνοδεύεται από μείωση της συμπαθητικής δραστηριότητας και αύξηση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας (Robinson et al, 1966; Rowell, 1993). Οι Tatsuhisa et al (2000) παρατήρησαν ότι το υψηλό φάσμα συχνοτήτων ήταν μεγαλύτερο στην ύπτια αποκατάσταση σε σχέση με τη καθιστή, μετά από άσκηση σε θερμοουδέτερο περιβάλλον, αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Ο λόγος χαμηλού υψηλού φάσματος (Lf/Hf) συχνοτήτων συσχετίστηκε σημαντικά στη καθιστή αποκατάσταση με τη δερματική αγγειακή αντίσταση ενώ δεν υπήρξε παρόμοια συσχέτιση στην ύπτια θέση. Το εύρημα αυτό καταδεικνύει τη συμμετοχή του συμπαθητικού συστήματος και των τασεοαισθητήρων στη μετασκησιακή θερμορρυθμιστική απόκριση και καθιστά σαφές ότι η πτώση στην αιματική ροή δέρματος στη καθιστή αποκατάσταση είναι αποτέλεσμα μη θερμορρυθμιστικής επίδρασης

του συμπαθητικού πιθανότατα μέσω τασεοαισθητήρων. Οι Kenny et al (2006) έχουν αποδείξει σε μια σειρά πειραμάτων τους ότι η πτώση της αρτηριακής πίεσης επιδρά σημαντικά στη μετασκησιακή θερμορύθμιση προκαλώντας τους τασεοαισθητήρες οι οποίοι αυξάνουν τη δερματική αγγειακή αντίσταση και μετατοπίζουν το κατώφλι έναρξης της αγγειοδιαστολής σε υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα. Τα δεδομένα μας φαίνεται να ενισχύουν τις παραπάνω παρατηρήσεις και προσφέρουν ενδείξεις ότι η αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας σχετίζεται με αλλαγές στη δερματική αγγειακή αντίσταση. Είναι η πρώτη φορά που καταγράφονται βιβλιογραφικά οι παραπάνω παρατηρήσεις. Δεν υπάρχουν μελέτες που να έχουν μελετήσει τη σχέση των αυτόνομων, αιμοδυναμικών και θερμορρυθμιστικών παραμέτρων μετασκησιακά σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Δεν προχωρήσαμε σε ανάλυση της αναπνευστικής συχνότητας στη παρούσα μελέτη. Δεν γνωρίζουμε ως εκ τούτου την επίδραση του διαφορετικού αναπνευστικού πρότυπου (breathing pattern) κάθε δοκιμαζόμενου στις διαφορετικές συνθήκες πάνω στο φάσμα συχνοτήτων της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας. Έχει καταγραφεί ότι οι στιγμιαίες αλλαγές που αναπτύσσονται στις κολπικές πιέσεις σε κάθε αναπνοή προκαλούν τη ταχύτερη επέμβαση του πνευμογαστρικού για επαναφορά της πίεσης επηρεάζοντας άμεσα το φλεβόκομβο (respiratory sinus arrhythmia) και κυρίως το φάσμα υψηλών συχνοτήτων (Stauss, 2003).

5.6. Ωσμωτική πίεση αίματος

Η ωσμωτική πίεση αυξήθηκε σημαντικά κατά την άσκηση και στις δύο συνθήκες σε σχέση την ηρεμία. Οι δύο θέσεις αποκατάστασης κατέληξαν σε παρόμοια ωσμωτική πίεση στο τέλος των είκοσι λεπτών. Η ωσμωτική πίεση ήταν σημαντικά υψηλότερη στο τέλος της όρθιας αποκατάστασης, σε σχέση με την ηρεμία ενώ στην ύπτια θέση η ωσμωτική πίεση επέστρεψε στις τιμές ηρεμίας. Είναι γνωστό ότι η αυξημένη ωσμωτική πίεση μειώνει την ευαισθησία των

θερμορρυθμιστικών οργάνων μετατοπίζοντας το κατώφλι έναρξης της αγγειοδιαστολής και επίδρασης σε υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα (Nielsen, 1984). Η διαφορετική συμπεριφορά της ωσμωτικής πίεσης στη καθιστή συνθήκη σε σχέση με την ηρεμία μπορεί να ερμηνευτεί από αλλαγές στην αρτηριακή πίεση, στην επακόλουθη διαφορετική διακίνηση υγρών και αλβουμίνης από τον εξωκυττάριο χώρο (Heyes et al, 1996), μιας και η αρτηριακή πίεση μειώθηκε σημαντικά στο τέλος της αποκατάστασης και επιπλέον στις ορμονικές αποκρίσεις που συντείνουν στη κατακράτηση νερού και νατρίου. Η αυξημένη ωσμωτικότητα στο τέλος της όρθιας αποκατάστασης σε σχέση με την ηρεμία πιθανότατα εξυπηρετεί την αποκατάσταση του όγκου πλάσματος και την είσοδο υγρών από τον μεσοκυττάριο χώρο (Heyes et al, 1996). Οι ελάχιστες τιμές της μέσης αρτηριακής πίεσης ήταν μικρότερες κατά την όρθια αποκατάσταση. Αν αυτό συνοδεύτηκε από εκτεταμένη σπλαχνική αγγειοσυστολή (μέσω τασεοαισθητήρων) τότε στην όρθια αποκατάσταση οι αυξημένες τιμές ωσμωτικότητας μπορεί να οφείλονται και στη μειωμένη απομάκρυνση μεταβολιτών όπως το γαλακτικό ή στη διευκόλυνση εισόδου (λόγω διαφοράς πιέσεων) αλβουμίνης από τον εξωαγγειακό χώρο (Heyes et al, 1996). Φαίνεται πάντως πως η υιοθέτηση ύπτιας θέσης προκαλεί γρηγορότερη επαναφορά της ωσμωτικής πίεσης στα προασκησιακά επίπεδα. Η δερματική αγγειακή αντίσταση ήταν μεγαλύτερη στην όρθια αποκατάσταση. Έτσι, για δοσμένη πίεση η αιματική ροή στο δέρμα ήταν μικρότερη στην όρθια θέση, υποδηλώνοντας σχετική αγγειοσυστολή και μειωμένη ευαισθησία για δοσμένη θερμοκρασία πυρήνα. Δεν γνωρίζουμε αν η ωσμωτική πίεση επέδρασε στα παραπάνω φαινόμενα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανενεργός αποκατάσταση μετά από άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον συνοδεύεται από σημαντική μετασκησιακή αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα. Η υιοθέτηση ύπτιας θέσης δεν αναστρέφει το

φαινόμενο αλλά φαίνεται ότι προστατεύει από επικίνδυνες πτώσεις στην αρτηριακή πίεση, επιτρέπει περισσότερη θερμότητα να κατανεμηθεί περιφερικά για θερμορυθμιστικούς λόγους μέσω αύξησης της θερμοκρασίας δέρματος και αυξάνει τη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα. Η ευεργετική αυτή επίδραση αντισταθμίζεται από τη μικρότερη εκτιθέμενη επιφάνεια σώματος στην ύπτια σε σχέση με την καθιστή αποκατάσταση όπως αυτό αντανακλάται στο μικρότερη συντελεστή αγωγιμότητας στην ύπτια σε σχέση με την όρθια θέση. Αυτό πιθανότατα εξηγεί το ότι η μεγαλύτερη θερμοκρασία δέρματος δεν επηρέασε τη πορεία της θερμοκρασίας πυρήνα μεταξύ των συνθηκών. Η όρθια αποκατάσταση συνοδεύεται από μικρότερες τιμές ελάχιστης μέσης και συστολικής αρτηριακής πίεσης και εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης γεγονός που προδιαθέτει την εμφάνιση λιποθυμικών συμπτωμάτων. Η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα αυξάνει τον κίνδυνο θερμικών διαταραχών και μπορεί να οδηγήσει σε απελευθέρωση ενδοτοξινών στη κυκλοφορία και να θέσει σε κίνδυνο ακόμη και τη ζωή του αθλουμένου.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, W. C., Fox, R. H., Fry, A. J., & MacDonald, I. C. (1975). Thermoregulation during marathon running in cool, moderate, and hot environments. *J Appl Physiol*, 38(6), 1030-1037.
- Alonso, J. G., Rodriguez, R. M.-, & Coyle, E. (2000). Stroke volume during exercise: interaction of environment and hydration. *Am J Physiol*, 278, H321-H330.
- Alonso, J. G., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hylding, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol*, 86(3), 1032-1039.
- Astrand, I. (1960). Aerobic capacity in men and women. *Acta Physiol Scand*, 49(Suppl. 169), 64-73.
- Banister, E., & Geladas, N. (1988). *Core temperature after-rise during recovery under thermoneutral conditions in thermally stressed subjects*. Paper presented at The 12th symposium on man-thermal environment system, Tokyo.
- Benzinger, T. H. (1969). Heat regulation: homeostasis of central temperature in man. *Physiol Rev*, 49(4), 671-752.
- Boulant, J. A. (1996). Hypothalamic neurons regulating body temperature. In M. J. Fregly & C. M. Blatteis (Eds.), *Handbook of Physiology. Environmental Physiology* (Vol. 1, pp. 105-126). New York: American Physiological Society.
- Brengelmann, G. L. (1983). Circulatory adjustments to exercise and heat stress. *Annu Rev Physiol*, 45, 191-212.
- Brengelmann, G., Johnson, J., Hermansen, L., & Rowell, L. (1977). Altered control of skin blood flow during exercise at high internal temperatures. *J Appl Physiol*, 43(5), 790-794.
- Carter, R., Wilson, T., Watenpaugh, D., Smith, M., & Crandall, C. (2002). Effects of mode of exercise recovery on thermoregulatory and cardiovascular responses. *J Appl Physiol*, 93, 1918-1924.
- Chester, R., Delp, M., & Hartle, D. (1990). Interactive effect of body posture on exercise-induced atrial natriuretic peptide release. *Am J Physiol*, 258(21), E775-E779.
- Claybough, J. R., Pendrgast, D. R., Davis, J. E., Akiba, C., Pazik, M., & Hong, S. K. (1986). Fluid conservation in athletes: responses to water intake, supine posture, and immersion. *J Appl Physiol*, 61(1), 7-15.
- Coyle, E. F., & Alonso, J. G. (2001). Cardiovascular drift during exercise: new perspectives. *Exerc Sport Sci Rev*, 29(2), 88-92.
- Davies, C., Brotherhood, J., & Zeidifard, E. (1976). Temperature regulation during severe exercise with some observations on effects of skin wetting. *J Appl Physiol*, 41, 722-776.
- Dill, D. B., & Costill, D. L. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells. *J Appl Physiol*, 37(2), 247-248.
- Epstein, Y., Shapiro, Y., & Brill, S. (1983). Role of surface area to mass ratio and work efficiency in heat tolerance. *J Appl Physiol*, 54, 831-836.
- ESSANDOH LOUIS K. , DANIEL A. DUPREZ, & SHEPHERD, J. T. (1987). Postural cardiovascular reflexes: comparison of responses of forearm and calf resistance vessels. *J Appl Physiol*, 63(5), 1801-1805.
- Febbraio, M. A. (2000). Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exerc Sport Sci Rev*, 28(4), 171-176.
- Fortney, S. M., Nadel, E. R., Wenger, C. B., & Bove, J. R. (1981). Effect of acute alterations of blood volume on circulatory performance in humans. *J Appl Physiol*, 50, 292-298.
- Fortney, S. M., Wenger, C. B., Bove, J. R., & Nadel, E. R. (1984). Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J Appl Physiol*, 57, 1688-1695.
- Fritzche, R. G., Switzer, T. W., Hodgkinson, B. J., & Coyle, E. F. (1999).

- Stroke volume decline during prolonged exercise is influenced by the increase in heart rate. *J Appl Physiol*, 86(3), 799-805.
- Geladas, N. D. (1990). *Effects of posture on heat dissipating mechanisms in humans*. Unpublished Ph D Thesis, Simon Fraser.
- Gisolfi, C. V., & Wenger, C. B. (1992). Temperature regulation during exercise: old concepts new ideas, *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Hales, R. (1996). Hyperthermia and heat illness. Pathophysiological implications for avoidance and treatment (pp. 534-545).
- Heidi A. Kluess, John B. Buckwalter, Jason J. Hamann, & Clifford, P. S. (2005). Elevated temperature decreases sensitivity of P2X purinergic receptors in skeletal muscle arteries. *J Appl Physiol*, 99, 995-998.
- Irion, G. L. (1987). Responses of distance runners and sprinters to exercise in a hot environment. *Aviat Space Environ Med*, 58, 948-953.
- Jackson, A., & Pollock, M. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*, 40, 497-504.
- Jackson, D., & Kenny, G. (2003). Upright LBPP application attenuates elevated postexercise resting thresholds for cutaneous vasodilation and sweating. *J Appl Physiol*, 95, 121-128.
- Jepsen H. , & Gaehtgens, P. (1995). Postural vascular response vs. sympathetic vasoconstriction in human skin during orthostasis. *Am. J. Physiol*, 269 (Heart Circ. Physiol. 38), H53-H61.
- Johnson, J. (1986). Nonthermoregulatory control of human skin blood flow. *J Appl Physiol*, 61(5), 1613-1622.
- Johnson, J. (1992). Exercise and the cutaneous circulation. In J. Holloszy (Ed.), *Exercise and Sport Sciences Reviews* (Vol. 20, pp. 59-98). Baltimore: Williams and Wilkins.
- Johnson, J. M., & Park, M. K. (1979). reflex control of skin blood flow by skin temperature: role of core temperature. *J Appl Physiol*, 47, 1188-1193.
- Johnson, J. M., & Proppe, D. W. (1996). Cardiovascular adjustments to thermal stress. In M. J. Fregly & C. M. Blatteis (Eds.), *Handbook of Physiology. Environmental Physiology* (Vol. 1, pp. 215-243). New York: American Physiological Society.
- Johnson, J. M., & Rowell, L. B. (1975). Forearm skin and muscle vascular responses to prolonged leg exercise in man. *J Appl Physiol*, 39, 916-924.
- Journeay, W., Reardon, F., Martin, C., & Kenny, G. (2004). Control of cutaneous conductance and sweating during recovery from dynamic exercise. *J Appl Physiol*, 96, 2207-2212.
- Kayser, B. (2003). Exercise starts and ends in the brain. *Eur J Appl Physiol*, 90, 411-419.
- Kellog, D. L., Johnson, J. M., & Kosiba, W. A. (1990). Baroreflex control of the cutaneous active vasodilator system in humans. *Circ Res*, 66, 1420-1426.
- Kellog, D. L., Pergola, P. E., Piest, K. L., Koshiba, W. A., Crandall, C. G., & Johnson, J. M. (1994). Cutaneous active vasodilation in humans is mediated by cholinergic nerve co-transmission. *FASEB J*, 8, A263.
- Kenney Michael J. , & R., S. D. (1993). Postexercise Hypotension Key Features, Mechanisms, and Clinical Significance. *Hypertension*, 22, 653-664.
- Kenney, W. L., & Zeman, M. J. (2002). Psychrometric and critical evaporative coefficients for unacclimated men and women. *J Appl Physiol*, 92, 2256-2263.
- Kenny, G. (2003). Cutaneous active vasodilation in humans during passive heating postexercise. *J Appl Physiol*, 95(3), 1025-1031.
- Kenny, G., & Niedre, P. (2002). The effect of exercise intensity on the post-exercise esophageal temperature response. *Eur J Appl Physiol*, 86, 342-346.
- Kenny, G., Denis, P., Boule, N., Proulx, C., Thoden, J., & Reardon, F. (1999). Increasing exercise duration does not

- affect the postexercise elevation in esophageal temperature. *Can J Appl Physiol*, 24(4), 377-386.
- Kenny, G., Giesbrecht, G., & Thoden, J. (1996). Post-exercise thermal homeostasis as a function of changes in pre-exercise core temperature. *Eur J appl Physiol*, 74, 258-263.
- Kenny, G., Periad, J., Journeau, W., Sigal, R., & Reardon, F. (2003). Effect of exercise intensity on the postexercise sweating threshold. *J Appl Physiol*, 95, 2355-2360.
- Kenny, G., Reardon, F., Giesbrecht, G., Jette, M., & Thoden, J. (1997). The effect of ambient temperature and exercise intensity on post-exercise thermal homeostasis. *Eur J Appl Physiol*, 76, 109-115.
- Kenny, G., Reardon, F., Zaleski, W., Reardon, M., Haman, F., & Ducharme, M. (2003). Muscle temperatures transients before, during, and after exercise measured using an intramuscular multisensor probe. *J Appl Physiol*, 94, 2350 - 2357.
- Kilgour, R., Gapiery, P., & Rehel, R. (1993). Cardiovascular responses during recovery from exercise and thermal stress. *Aviat Space Environ Med*, 64, 224-229.
- Kobayashi, K., Horvath, S., Diaz, F., Bransford, D., & Drinkwater, B. (1980). Thermoregulation during rest and exercise in different postures in a hot humid environment. *J Appl Physiol*, 48(6), 999 - 1007.
- Lauer, T., Kleinbongard, P., Preik, M., Rauch, B. H., Deussen, A., Feelisch, M., Strauer, B. E., & Klem, M. (2003). Direct biochemical evidence for eNOS stimulation by bradykinin in the human forearm vasculature. *Basic Res Cardiol*, 98, 84-89.
- Kraning, K., & Gonzalez, R. (1991). Physiological consequences of intermittent exercise during compensable and uncompensable heat stress. *J Appl Physiol*, 71(6), 2138-2145.
- Lambert, P. (2004). Role of gastrointestinal permeability in exertional heat illness. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 32(4), 185-190.
- Lind, A. (1963). A Physiological criterion for setting thermal environmental limits for everyday work. *J Appl Physiol*, 18, 51-56.
- Mack, G. W., Cordero, D., & Peters, J. (2001). Baroreceptor modulation of active cutaneous vasodilation during dynamic exercise in humans. *J Appl Physiol*, 90, 1464-1473.
- Mack, G. W., Yang, R., Hargens, A. R., Nagashima, K., & Haskell, A. (1998). Regulation of plasma volume after exercise Influence of hydrostatic pressure gradients. *J Appl Physiol*, 85, 667-675.
- Mayerson H. S. , & Toth, L. A. (1938). The influence of posture on skin and subcutaneous temperatures. *Am J Physiol*, 474-480.
- McInnis N., Journeay S., Jay O., Leclair E., & Kenny P.G. (2006). 15° Head-down tilt attenuates the postexercise reduction in cutaneous vascular conductance and sweating and decreases esophageal temperature recovery time. *J Appl Physiol*, 101, 840-847.
- Mekjavic Igor B. , & Eiken, O. (2006). Contribution of thermal and nonthermal factors to the regulation of body temperature in humans. *J Appl Physiol*, 100, 2065-2072.
- Mitchel, D., & Wyndham, C. (1969). Comparison of weighting formulas for calculating mean skin temperature. *J Appl Physiol*, 26, 616-622.
- Montain, S. J., & Coyle, E. (1992). Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in skin blood flow. *J Appl Physiol*, 73(3), 903-910.
- Nadel, E., Bullard, R., & Stolwijk, J. A. J. (1971). Importance of skin temperature in the regulation of sweating. *J Appl Physiol*, 31(1), 80-87.
- Nadel, E., Cafarelli, E., Roberts, M. F., & Wenger, C. B. (1979). Circulatory regulation during exercise in different ambient temperatures. *J Appl Physiol*, 46(3), 430-437.

- Nadel, E., Fortney, S., & Bruce, C. (1980). Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *J Appl Physiol*, 49(4), 715-721.
- Nagashima, K., Mack, G. W., Haskell, A., Nishiyasu, T., & Nadel, E. (1999). Mechanism for the posture-specific plasma volume increase after a single intense exercise protocol. *J Appl Physiol*, 86, 867-873.
- Nassis, G. P., & Geladas, N. D. (2002). Cardiac output decline in prolonged dynamic exercise is affected by the exercise mode. *Pflugers Arch - Eur J Physiol*, 445, 398-404.
- Nielsen, B. (1971). Thermoregulation during work in carbon monoxide poisoning. *Acta Physiol Scand*, 89, 98-106.
- Nielsen, B. (1974). Effect of changes in plasma Na⁺ and Ca⁺⁺ ion concentration on body temperature during exercise. *Acta Physiol Scand*, 91, 123-129.
- Nielsen, B. (1986). Temperature regulation: effects of sweat loss during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand*, 128 (Suppl 556), 105-109.
- Nielsen, B., & Davies, C. T. M. (1976). Temperature regulation during exercise in water and air. *Acta Physiol Scand*, 98, 500-508.
- Nielsen, B., Hales, J. R. S., Strange, S., Christensen, N. J., Warberg, J., & Saltin, B. (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *J Physiol*, 460, 467-485.
- Nielsen, B., Hyldig, T., Bidstrup, F., Alonso, J., & Christoffersen, G. (2001). Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflugers Arch - Eur J Physiol*, 442, 41-48.
- Nielsen, B., Rowell, L. B., & Bonde-Petersen, F. (1984). Cardiovascular responses to heat stress and blood volume displacement during exercise in man. *Eur J Appl Physiol*, 52, 370-374.
- Nielsen, B., Savard, G., Richter, E. A., Hargreaves, M., & saltin, B. (1990). Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *J Appl Physiol*, 69(3), 1040-1046.
- Nielsen, B., Strange, S., Christensen, N., Warberg, J., & Saltin, B. (1997). Acute and adaptive responses to exercise in a warm, humid environment. *Pflugers Arch*, 434, 49-56.
- Noakes, T. D., Peltonen, J. E., & Rusko, H. K. (2001). Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *J Exp Biol*, 204, 3225-3234.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*, 91, 1055-1060.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Middle cerebral artery blood velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. *J Physiol*, 534(1), 279-286.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. *J Appl Physiol*, 91, 2017-2023.
- Pergola, P. E., Kellog, D. L., Kosiba, W. A., & Johnson, J. M. (1994). Neural mechanisms for the control of skin blood flow in exercising humans by whole body and local skin cooling. *FASEB J*, 8, A864.
- Pierau, F. K. (1996). Peripheral thermosensors. In M. J. Fregly & C. M. Blatteis (Eds.), *Handbook of Physiology. Environmental Physiology* (Vol. 1, pp. 85-104). New York: American Physiological Society.
- Proppe, D. W. (1981). influence of central thermoregulatory control of leg blood flow. *J Appl Physiol*, 50, 974-978.
- Proppe, D. W. (1981). Influence of skin temperature on central thermoregulatory control of leg blood flow. *J Appl Physiol*, 50(5), 974-978.
- Roberts, M. F., & Wenger, C. B. (1979). Control of skin blood flow during exercise: thermal and nonthermal factors. *J Appl Physiol*, 46(4), 780-786.
- Roberts, M. F., & Wenger, C. B. (1980). Control of skin blood flow during exercise

- by thermal reflexes and baroreflexes. *J Appl Physiol*, 48(4), 717-723.
- Rowell, L. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol Rev*, 54(1), 75-159.
- Rowell, L. B. (1983). Cardiovascular adjustments to thermal stress, *Handbook of Physiology. The Cardiovascular System* (Vol. 3, pp. 967-1024). Bethesda: American Physiological Society.
- Rowell, L. B., Brengelmann, L., Blackmon, J. R., Twiss, R. D., & Kusumi, F. (1968). Splachnic blood flow and metabolism in heat stressed man. *J Appl Physiol*, 24, 475-484.
- Rowell, L., Freund, P., & Brengelmann, G. (1982). Cutaneous vascular response to exercise and acute hypoxia. *J Appl Physiol*, 53, 920-924.
- Rowell, L., Marx, H., Bruce, R., Conn, R., & Kusumi, F. (1966). Reductions in cardiac output, central blood volume and stroke volume with thermal stress in normal men during exercise. *J Clin Invest*, 45(11), 1801-1816.
- Rubinstein, E., & Sessler, D. (1990). Skin surface temperature gradients correlate with fingertip blood flow in humans. *Anesthesiology*, 73, 541-545.
- Saltin, B., & Hermansen, L. (1966). Esophageal, rectal and muscle temperature during exercise. *J Appl Physiol*, 21, 1757-1762.
- Sawka, M. N., & Wenger, C. B. (1988). Physiological responses to acute exercise heat stress. In K. B. Pandolf, M. N. Sawka, & R. R. Gonzalez (Eds.), *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes*. Massachusetts: Cooper Publishing Group.
- Sawka, M., Denis, R., Gonzalez, R., Young, A., Muza, S., Martin, J., Wenger, C., Francesconi, R., & Pandolf, K. (1987). Influence of polycythemia on blood volume and thermoregulation during exercise heat stress. *J Appl Physiol*, 62, 912-918.
- Seney, L. C. (1979). Temperature regulation and hypohydration. A singular view. *J Appl Physiol*, 47, 1-7.
- Seremin, G., & Kenney, W. L. (2004). Aging and the skin blood flow response to the unloading of baroreceptors during heat and cold stress. *J Appl Physiol*, 96, 1019-1025.
- Shibasaki, M., Kondo, N., & Crandall, C. (2001). Evidence for metaboreceptor stimulation of sweating in normothermic and heat stressed humans. *J Physiol*, 2(534), 605-611.
- Shibasaki, M., Sakai, M., Oda, M., & Crandall, C. (2004). Muscle mechanoreceptor modulation of sweat rate during recovery from moderate exercise. *J Appl Physiol*, 96, 2115-2119.
- Shibasaki, M., Secher, N., Selmer, C., Kondo, N., & Crandall, C. (2003). Central command is capable of modulating sweating from non-glabrous human skin. *J Physiol*, 553(3), 999-1004.
- Stephenson, L. A., Wenger, C. B., O'Donovan, B. H., & Nadel, E. R. (1984). Circadian rhythm in sweating and cutaneous blood flow. *Am J Physiol*, 246 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 15), R321-R324.
- Stephenson, L., Wenger, C. B., O'Donovan, B. H., & Nadel, E. (1984). Circadian rhythm in sweating and cutaneous blood flow. *Am J Physiol (Regulatory Integrative Comp. Physiol)*, 246(15), R321-R324.
- Takamata, A., Mack, G. W., Gillen, C. M., Jozsi, A. C., & Nadel, E. (1995). Osmoregulatory modulation of thermal sweating in humans: reflex effects of drinking. *Am J Physiol*, 268(37), R414-R422.
- Taylor, W. F., Johnson, J. M., O'Leary, D., & Park, M. K. (1984). Modification of the cutaneous vascular response to exercise by local skin temperature. *J Appl Physiol*, 57(6), 1878-1884.
- Turlejska E., & M.A., Baker. (1986). Elevated CSF osmolality inhibits thermoregulatory heat loss responses. *Am J Physiol*, 251(20), R749-R754.

- Wenger, C. B., Bailev, R. B., Roberts, M. F., & Nadel, E. (1985). Interaction of local and reflex thermal effects in control of forearm blood flow. *J Appl Physiol*, 58(1), 251-257.
- Wilson, T., Carter, R., Cutler, M., Cui, J., Smith, M., & Crandall, C. (2004). Active recovery attenuates the fall in sweat rate but not cutaneous vascular conductance after supine exercise. *J Appl Physiol*, 96, 668-673.
- Wyndham, C. H., Strydom, N. B., Rensburg, A. J., Benade, A. J. S., & Heyns, A. J. (1970). Relation between VO_2max and body temperature in hot humid air conditions. *J Appl Physiol*, 29(1), 45-50.
- Wyndham, C., Strydom, N., Cooke, H., Maritz, J., Morrison, J., Flemming, P., & Ward, J. (1959). Methods for cooling subjects with hyperpyrexia. *J Appl Physiol*, 14, 771-776.
- Wyss, C. R., Brengelmann, G. L., Johnson, J. M., Rowell, L. B., & Niederberger, M. (1974). Control of skin blood flow, sweating, and heart rate: role of skin vs. core temperature. *J Appl Physiol*, 36(6), 726-733.
- Wyss, C. R., Brengelmann, G. L., Johnson, J. M., Rowell, L. B., & Silverstein, D. (1975). Alterd control of skin blood flow at high skin and core temperatures. *J Appl Physiol*, 38(5), 839-845.
- Zelis, R., Mason, D., & Braunwald, E. (1969). Partition of blood flow to the cutaneous and muscular beds of the forearm at rest and during leg exercise in normal subjects and in patients with heart failure. *Circ Res*, 24, 799-806.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Εξισώσεις παλινδρόμησης για τη θερμοκρασία πυρήνα

Θερμοκρασία πυρήνα (όρθια) = $30.146 + 0.03598 * \text{Δερματική αγγειακή αντίσταση} + 0.209 *$

Μέση θερμοκρασία δέρματος (R^2 : 0.491, Standard error of estimate:0.15)

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change |
|------------------------------|-----------------------|
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | 0.366 |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | 0.125 |

R² change: αλλαγή στο R² με την προσθήκη της εν λόγω μεταβλητής

Θερμοκρασία πυρήνα (ύπτια) = $25.106 + 0.396 * \text{Θερμοκρασία στήθους} - 0.0205 * \text{Μέση αρτηριακή πίεση (mmHg)}$ (R^2 : 0.645, Standard error of estimate: 0.18)

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change |
|----------------------|-----------------------|
| Θερμοκρασία στήθους | 0.435 |
| Μέση αρτηριακή πίεση | 0.210 |

Εξισώσεις παλινδρόμησης για τη θερμοκρασία δέρματος

Μέση θερμοκρασία δέρματος όρθια αποκατάσταση = $15.31 + 0.0077 * \text{Συστολική πίεση} + 0.566 * \text{Θερμοκρασία δακτύλου} + 0.470 * \text{Διαφορά θερμοκρασίας πύλη δακτύλου}$ (R^2 : 0.679, Standard error of estimate: 0.21)

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change |
|------------------------------------|-----------------------|
| Συστολική πίεση | 0.307 |
| Θερμοκρασία δακτύλου | 0.129 |
| Διαφορά θερμοκρασίας πύλη δακτύλου | 0.243 |

R² change: αλλαγή στο R² με την προσθήκη της εν λόγω μεταβλητής

Μέση θερμοκρασία δέρματος ύπτια αποκατάσταση = $12.030 + 0.01661 * \text{Καρδιακή συχνότητα} + 0.624 * \text{Θερμοκρασία πυρήνα} - 0.0104 * \text{Αιματική ροή δέρματος} - 0.0453 * \text{Δερματική αγγειακή αντίσταση}$ (R^2 : 0.793, Standard error of estimate: 0.192):

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change |
|------------------------------|-----------------------|
| Καρδιακή συχνότητα | 0.391 |
| Θερμοκρασία πυρήνα | 0.306 |
| Αιματική ροή δέρματος | 0.081 |
| Δερματική αγγειακή αντίσταση | 0.041 |

R² change: αλλαγή στο R² με την προσθήκη της εν λόγω μεταβλητής

Εξισώσεις παλινδρόμησης για την αιματική ροή στο δέρμα

Αιματική ροή πύλη (Volts) = $430.610 + 0.454 * \text{Μέση αρτηριακή πίεση} - 11.96 * \text{Θερμοκρασία πυρήνα}$ (R^2 : 0.547, Standard error of estimate: 5.65) Στην ύπτια αποκατάσταση το 71% της διασποράς της αιματικής ροής μπορεί να προβλεφθεί με βάση την εξίσωση:

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change |
|----------------------|-----------------------|
| Μέση αρτηριακή πίεση | 0.463 |
| Θερμοκρασία πυρήνα | 0.084 |

*Αιματική ροή πήχη (Volts) = 873.16 + 1.381 * Καρδιακή συχνότητα – 0.775 * Συστολική πίεση * Μέση θερμοκρασία δέρματος (R²: 0.71, Standard error of estimate: 14.6)*

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change |
|---------------------------|-----------------------|
| Καρδιακή συχνότητα | 0.506 |
| Συστολική πίεση | 0.109 |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | 0.087 |

R² change: αλλαγή στο R² με την προσθήκη της εν λόγω μεταβλητής

*Δερματική αγγειακή αντίσταση = -332.184 + 9.234 * Θερμοκρασία πυρήνα – 0.0938 * Καρδιακή συχνότητα (R²: 0.557, St. Error of estimate: 2.59)*

Αντίστοιχα, το 47.3% της διασποράς των τιμών στην ύπτια αποκατάσταση μπορεί να προβλεφθεί με βάση την εξίσωση (R²: 0.473, St. Error of estimate: 2.19):

*Δερματική αγγειακή αντίσταση (ύπτια) = 15.468 – 0.085 * Καρδιακή συχνότητα*

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change | |
|----------------------|-----------------------|-------|
| | Όρθια | Ύπτια |
| Καρδιακή συχνότητα | 0.366 | 0.473 |
| Θερμοκρασία πυρήνα | 0.191 | |

R² change: αλλαγή στο R² με την προσθήκη της εν λόγω μεταβλητής

Οι εξισώσεις για την αγγειακή αγωγιμότητα δέρματος δίνονται ως εξής:

*Αγγειακή αγωγιμότητα δέρματος (όρθια, R²: 0.563, St. error of estim: 0.062) = 4.950 + 0.00315 * Καρδιακή συχνότητα – 0.136 * Θερμοκρασία πυρήνα*

*Αγγειακή αγωγιμότητα δέρματος (ύπτια, R²: 0.833, St. error of estim: 0.138) = 10.402 + 0.0174 * Καρδιακή συχνότητα – 0.00762 * Συστολική πίεση – 0.298 * Μέση θερμοκρασία δέρματος*

| Ανεξάρτητη μεταβλητή | R ² change | |
|---------------------------|-----------------------|-------|
| | Όρθια | Ύπτια |
| Καρδιακή συχνότητα | 0.477 | 0.67 |
| Θερμοκρασία πυρήνα | 0.086 | |
| Συστολική πίεση | | 0.075 |
| Μέση θερμοκρασία δέρματος | | 0.091 |

Πίνακας 8.1. Περιγραφικά στατιστικά του λόγου Lf/Hf

| Συνθήκη | Χρόνος | N | Mean | Std. Deviation | CV % |
|---------|--------|---|------|----------------|------|
| Όρθια | 5 | 8 | 3.18 | 2.74 | 86 |
| | 10 | 8 | 5.86 | 5.44 | 93 |
| | 15 | 7 | 9.01 | 7.36 | 82 |
| | 20 | 6 | 7.55 | 6.54 | 87 |
| Ύπτια | 5 | 8 | 2.75 | 2.44 | 89 |
| | 10 | 8 | 6.48 | 6.50 | 100 |
| | 15 | 8 | 8.27 | 13.08 | 158 |
| | 20 | 7 | 9.37 | 8.07 | 86 |

Πίνακας 8.2. Περιγραφικά στατιστικά Lf

| Συνθήκη | Χρόνος | N | Mean | Std. Deviation | CV % |
|---------|--------|---|------|----------------|------|
| Όρθια | 5 | 8 | 63.7 | 24.4 | 38 |
| | 10 | 8 | 70.4 | 25.0 | 36 |
| | 15 | 7 | 78.2 | 22.7 | 29 |
| | 20 | 6 | 80.2 | 16.1 | 20 |
| Ύπτια | 5 | 8 | 63.5 | 18.8 | 30 |
| | 10 | 8 | 66.9 | 31.7 | 47 |
| | 15 | 8 | 66.9 | 30.6 | 46 |
| | 20 | 7 | 81.7 | 16.7 | 20 |

Πίνακας 8.3. Περιγραφικά στατιστικά Hf

| Συνθήκη | Χρόνος | N | Mean | Std. Deviation | CV % |
|---------|--------|---|------|----------------|------|
| Όρθια | 5 | 8 | 36.3 | 24.4 | 67 |
| | 10 | 8 | 29.6 | 25.0 | 85 |
| | 15 | 7 | 21.8 | 22.7 | 104 |
| | 20 | 6 | 19.8 | 16.1 | 81 |
| Ύπτια | 5 | 8 | 35.1 | 21.2 | 60 |
| | 10 | 8 | 33.1 | 31.7 | 96 |
| | 15 | 8 | 33.1 | 30.6 | 92 |
| | 20 | 7 | 18.3 | 16.7 | 91 |

Πίνακας 8.4. Σημαντικές διαφορές αλλαγών όγκου πλάσματος κατά την όρθια (καθιστή) συνθήκη (LSD test)

| | Ηρεμία έως τέλος άσκησης | | Ηρεμία έως τέλος αποκατάστασης | | Τέλος άσκησης έως τέλος αποκατάστασης | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Ηρεμία έως τέλος άσκησης | -11.7% | | -8.14% | <i>p</i> : 0.57 | 9.18% | <i>p</i> : 0.007* |
| Ηρεμία έως τέλος αποκατάστασης | -8.14% | <i>p</i> : 0.57 | | | | <i>p</i> : 0.018* |
| Τέλος άσκησης έως τέλος αποκατάστασης | 9.18% | <i>p</i> : 0.007* | | <i>p</i> : 0.018* | | |

Πίνακας 8.5. Σημαντικές διαφορές αλλαγών όγκου πλάσματος κατά την ύπτια συνθήκη (LSD test)

| | Ηρεμία έως τέλος άσκησης | | Ηρεμία έως τέλος αποκατάστασης | | Τέλος άσκησης έως τέλος αποκατάστασης | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Ηρεμία έως τέλος άσκησης | -8.9% | | -5.6% | <i>p</i> : 0.43 | 3.9% | <i>p</i> : 0.009* |
| Ηρεμία έως τέλος αποκατάστασης | -5.6% | <i>p</i> : 0.43 | | | | <i>p</i> : 0.038* |
| Τέλος άσκησης έως τέλος αποκατάστασης | 3.9% | <i>p</i> : 0.009* | | <i>p</i> : 0.038* | | |

Πίνακας 8.6. Καρδιακή συχνότητα όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 171.8889 | 9 | 14.7855 | 151.00 | 196.00 | 4.9285 |
| 2.00 | 152.8889 | 9 | 14.7601 | 136.00 | 178.00 | 4.9200 |
| 3.00 | 135.1111 | 9 | 13.0809 | 118.00 | 162.00 | 4.3603 |
| 4.00 | 128.3333 | 9 | 13.2193 | 109.00 | 155.00 | 4.4064 |
| 5.00 | 125.3333 | 9 | 12.6095 | 108.00 | 151.00 | 4.2032 |
| 6.00 | 124.4444 | 9 | 12.4611 | 109.00 | 150.00 | 4.1537 |
| 7.00 | 124.6667 | 9 | 10.4762 | 109.00 | 147.00 | 3.4921 |
| 8.00 | 126.7778 | 9 | 12.6667 | 109.00 | 156.00 | 4.2222 |
| 9.00 | 124.4444 | 9 | 13.0778 | 108.00 | 152.00 | 4.3593 |
| 10.00 | 126.2222 | 9 | 13.8092 | 111.00 | 156.00 | 4.6031 |
| 11.00 | 122.3333 | 9 | 12.5599 | 108.00 | 148.00 | 4.1866 |
| 12.00 | 122.7778 | 9 | 13.4330 | 107.00 | 152.00 | 4.4777 |
| 13.00 | 122.7778 | 9 | 13.1032 | 106.00 | 150.00 | 4.3677 |
| 14.00 | 121.1111 | 9 | 12.6535 | 105.00 | 148.00 | 4.2178 |
| 15.00 | 122.1429 | 7 | 15.0491 | 107.00 | 150.00 | 5.6880 |
| 16.00 | 120.2857 | 7 | 15.1846 | 105.00 | 150.00 | 5.7392 |
| 17.00 | 119.1429 | 7 | 16.9944 | 102.00 | 150.00 | 6.4233 |
| 18.00 | 120.6667 | 6 | 15.6162 | 105.00 | 146.00 | 6.3753 |
| 19.00 | 120.8333 | 6 | 16.8454 | 104.00 | 147.00 | 6.8771 |
| 20.00 | 121.3333 | 6 | 14.4730 | 106.00 | 144.00 | 5.9086 |

Πίνακας 8.7. Καρδιακή συχνότητα ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 151.6250 | 8 | 18.1811 | 125.00 | 184.00 | 6.4280 |
| 2.00 | 121.0000 | 8 | 15.4919 | 105.00 | 155.00 | 5.4772 |
| 3.00 | 112.1250 | 8 | 12.3455 | 101.00 | 141.00 | 4.3648 |
| 4.00 | 108.6250 | 8 | 10.6629 | 99.00 | 133.00 | 3.7699 |
| 5.00 | 107.6250 | 8 | 10.0561 | 99.00 | 130.00 | 3.5554 |
| 6.00 | 105.1250 | 8 | 11.2433 | 94.00 | 129.00 | 3.9751 |
| 7.00 | 104.7500 | 8 | 10.1524 | 96.00 | 127.00 | 3.5894 |
| 8.00 | 104.0000 | 8 | 10.9414 | 92.00 | 127.00 | 3.8684 |
| 9.00 | 104.1250 | 8 | 11.5936 | 92.00 | 130.00 | 4.0989 |
| 10.00 | 102.3750 | 8 | 10.8356 | 91.00 | 126.00 | 3.8310 |
| 11.00 | 103.1250 | 8 | 10.8554 | 91.00 | 126.00 | 3.8380 |
| 12.00 | 103.3750 | 8 | 11.1219 | 91.00 | 126.00 | 3.9322 |
| 13.00 | 103.1250 | 8 | 11.2433 | 89.00 | 126.00 | 3.9751 |
| 14.00 | 90.8750 | 8 | 35.4660 | 10.00 | 130.00 | 12.5391 |
| 15.00 | 102.6250 | 8 | 13.5535 | 83.00 | 129.00 | 4.7919 |
| 16.00 | 101.7500 | 8 | 11.9970 | 81.00 | 123.00 | 4.2416 |
| 17.00 | 101.0000 | 8 | 12.4327 | 80.00 | 122.00 | 4.3956 |
| 18.00 | 101.6250 | 8 | 14.8029 | 79.00 | 129.00 | 5.2336 |
| 19.00 | 100.2500 | 8 | 14.5676 | 77.00 | 127.00 | 5.1504 |
| 20.00 | 100.1250 | 8 | 14.5743 | 76.00 | 125.00 | 5.1528 |

Πίνακας 8.8. Θερμοκρασία πυρήνα όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 38.0063 | 8 | 1.768E-02 | 38.00 | 38.05 | 6.250E-03 |
| 2.00 | 38.0750 | 8 | 7.559E-02 | 38.00 | 38.20 | 2.673E-02 |
| 3.00 | 38.1625 | 8 | .1217 | 38.00 | 38.40 | 4.304E-02 |
| 4.00 | 38.2188 | 8 | .1132 | 38.05 | 38.40 | 4.002E-02 |
| 5.00 | 38.2438 | 8 | .1148 | 38.10 | 38.40 | 4.057E-02 |
| 6.00 | 38.2750 | 8 | .1069 | 38.10 | 38.40 | 3.780E-02 |
| 7.00 | 38.3000 | 8 | .1195 | 38.10 | 38.40 | 4.226E-02 |
| 8.00 | 38.3125 | 8 | .1330 | 38.10 | 38.45 | 4.701E-02 |
| 9.00 | 38.3313 | 8 | .1413 | 38.10 | 38.45 | 4.994E-02 |
| 10.00 | 38.3375 | 8 | .1847 | 38.00 | 38.50 | 6.529E-02 |
| 11.00 | 38.3500 | 8 | .1871 | 38.00 | 38.55 | 6.614E-02 |
| 12.00 | 38.3625 | 8 | .2013 | 38.00 | 38.60 | 7.118E-02 |
| 13.00 | 38.3687 | 8 | .2086 | 38.00 | 38.60 | 7.376E-02 |
| 14.00 | 38.3813 | 8 | .2103 | 38.00 | 38.60 | 7.436E-02 |
| 15.00 | 38.3583 | 6 | .2245 | 38.00 | 38.60 | 9.167E-02 |
| 16.00 | 38.3667 | 6 | .2359 | 38.00 | 38.65 | 9.632E-02 |
| 17.00 | 38.3717 | 6 | .2409 | 38.00 | 38.65 | 9.833E-02 |
| 18.00 | 38.3750 | 6 | .2444 | 38.00 | 38.65 | 9.979E-02 |
| 19.00 | 38.3750 | 6 | .2444 | 38.00 | 38.65 | 9.979E-02 |
| 20.00 | 38.3833 | 6 | .2563 | 38.00 | 38.70 | .1046 |

Πίνακας 8.9. Θερμοκρασία πυρήνα ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 38.0063 | 8 | 6.781E-02 | 37.90 | 38.10 | 2.397E-02 |
| 2.00 | 38.0563 | 8 | 8.210E-02 | 38.00 | 38.20 | 2.903E-02 |
| 3.00 | 38.1438 | 8 | .1499 | 38.00 | 38.40 | 5.298E-02 |
| 4.00 | 38.1937 | 8 | .1821 | 38.00 | 38.50 | 6.439E-02 |
| 5.00 | 38.2250 | 8 | .2053 | 38.00 | 38.60 | 7.258E-02 |
| 6.00 | 38.2625 | 8 | .2402 | 38.00 | 38.70 | 8.491E-02 |
| 7.00 | 38.2625 | 8 | .2402 | 38.00 | 38.70 | 8.491E-02 |
| 8.00 | 38.2875 | 8 | .2748 | 38.00 | 38.80 | 9.717E-02 |
| 9.00 | 38.3063 | 8 | .2705 | 38.00 | 38.80 | 9.564E-02 |
| 10.00 | 38.3313 | 8 | .2751 | 38.00 | 38.80 | 9.726E-02 |
| 11.00 | 38.3375 | 8 | .3033 | 38.00 | 38.90 | .1072 |
| 12.00 | 38.3438 | 8 | .2969 | 38.00 | 38.90 | .1050 |
| 13.00 | 38.3562 | 8 | .3017 | 38.00 | 38.90 | .1067 |
| 14.00 | 38.3688 | 8 | .3105 | 38.00 | 38.95 | .1098 |
| 15.00 | 38.3688 | 8 | .3105 | 38.00 | 38.95 | .1098 |
| 16.00 | 38.3625 | 8 | .3148 | 38.00 | 38.95 | .1113 |
| 17.00 | 38.3625 | 8 | .3148 | 38.00 | 38.95 | .1113 |
| 18.00 | 38.3562 | 8 | .3201 | 38.00 | 38.95 | .1132 |
| 19.00 | 38.3562 | 8 | .3201 | 38.00 | 38.95 | .1132 |
| 20.00 | 38.3625 | 8 | .3325 | 38.05 | 39.00 | .1175 |

Πίνακας 8.10. Δερματική αιματική ροή όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 56.1856 | 9 | 26.6608 | 22.00 | 92.97 | 8.8869 |
| 2.00 | 20.2556 | 9 | 11.9281 | 10.22 | 43.10 | 3.9760 |
| 3.00 | 17.1467 | 9 | 11.2687 | 7.70 | 39.41 | 3.7562 |
| 4.00 | 10.6956 | 9 | 3.4395 | 5.59 | 16.29 | 1.1465 |
| 5.00 | 11.0189 | 9 | 6.6673 | 5.23 | 27.85 | 2.2224 |
| 6.00 | 8.7678 | 9 | 3.8278 | 4.30 | 16.70 | 1.2759 |
| 7.00 | 9.2056 | 9 | 4.9411 | 4.40 | 20.68 | 1.6470 |
| 8.00 | 8.5122 | 9 | 3.3463 | 4.89 | 15.20 | 1.1154 |
| 9.00 | 9.8711 | 9 | 6.6550 | 3.45 | 25.18 | 2.2183 |
| 10.00 | 9.9867 | 9 | 6.6266 | 3.70 | 25.20 | 2.2089 |
| 11.00 | 8.4800 | 9 | 3.8776 | 3.10 | 16.50 | 1.2925 |
| 12.00 | 8.1678 | 9 | 3.3799 | 3.80 | 13.30 | 1.1266 |
| 13.00 | 7.1067 | 9 | 3.5260 | 2.60 | 15.40 | 1.1753 |
| 14.00 | 7.8033 | 9 | 3.1456 | 2.20 | 12.50 | 1.0485 |
| 15.00 | 6.8714 | 7 | 2.5520 | 2.20 | 9.99 | .9645 |
| 16.00 | 7.0857 | 7 | 2.7019 | 2.60 | 9.91 | 1.0212 |
| 17.00 | 6.5100 | 7 | 2.5503 | 2.30 | 9.60 | .9639 |
| 18.00 | 7.0033 | 6 | 1.3988 | 5.01 | 8.50 | .5710 |
| 19.00 | 7.2283 | 6 | 1.3598 | 5.47 | 8.96 | .5551 |
| 20.00 | 6.9800 | 6 | 1.5172 | 5.12 | 8.90 | .6194 |

Πίνακας 8.12. Δερματική αιματική ροή ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 51.2788 | 8 | 44.7397 | 3.29 | 129.00 | 15.8179 |
| 2.00 | 30.5450 | 8 | 32.2058 | 3.00 | 100.00 | 11.3865 |
| 3.00 | 20.7950 | 8 | 17.1054 | 2.81 | 53.00 | 6.0477 |
| 4.00 | 15.2325 | 8 | 10.7684 | 3.99 | 33.00 | 3.8072 |
| 5.00 | 13.0063 | 8 | 7.8025 | 5.32 | 26.00 | 2.7586 |
| 6.00 | 11.9213 | 8 | 8.1475 | 3.94 | 25.00 | 2.8806 |
| 7.00 | 12.4663 | 8 | 9.8987 | 3.00 | 30.00 | 3.4997 |
| 8.00 | 12.3487 | 8 | 9.9582 | 2.83 | 28.00 | 3.5208 |
| 9.00 | 13.4462 | 8 | 11.4094 | 2.72 | 32.00 | 4.0338 |
| 10.00 | 13.8938 | 8 | 7.9527 | 4.73 | 26.00 | 2.8117 |
| 11.00 | 11.7063 | 8 | 10.7744 | 1.54 | 30.00 | 3.8093 |
| 12.00 | 12.4137 | 8 | 10.6970 | 2.00 | 30.00 | 3.7820 |
| 13.00 | 12.3475 | 8 | 10.1794 | 1.43 | 30.00 | 3.5990 |
| 14.00 | 14.7925 | 8 | 10.3911 | 2.20 | 33.00 | 3.6738 |
| 15.00 | 15.0600 | 8 | 9.4846 | 2.66 | 33.00 | 3.3533 |
| 16.00 | 14.0438 | 8 | 10.2352 | 2.80 | 30.00 | 3.6187 |
| 17.00 | 14.1988 | 8 | 9.1414 | 3.44 | 31.00 | 3.2320 |
| 18.00 | 15.3813 | 8 | 9.9931 | 3.65 | 31.00 | 3.5331 |
| 19.00 | 13.2275 | 8 | 9.6331 | 3.32 | 32.00 | 3.4058 |
| 20.00 | 12.7563 | 8 | 7.9800 | 5.60 | 31.00 | 2.8214 |

Πίνακας 8.13. Δερματική αγγειακή αντίσταση όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 4.6957 | 7 | 2.1082 | 2.13 | 7.24 | .7968 |
| 5 | 11.4300 | 9 | 4.9354 | 5.45 | 21.63 | 1.6451 |
| 10 | 12.1100 | 9 | 7.7950 | 4.31 | 30.32 | 2.5983 |
| 15 | 13.7729 | 7 | 7.1227 | 7.30 | 28.85 | 2.6921 |
| 20 | 10.4883 | 6 | 2.3473 | 8.04 | 14.57 | .9583 |

Πίνακας 8.14. Δερματική αγγειακή αντίσταση ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 2.6176 | 6 | 2.5225 | .64 | 7.10 | 1.0298 |
| 5 | 6.5461 | 6 | 3.0026 | 3.19 | 11.00 | 1.2258 |
| 10 | 6.5767 | 7 | 2.8730 | 3.00 | 11.23 | 1.0859 |
| 15 | 5.8932 | 7 | 2.4642 | 2.33 | 8.50 | .9314 |
| 20 | 7.0762 | 7 | 2.6372 | 2.42 | 9.99 | .9968 |

Πίνακας 8.15. Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | .2643 | 7 | .1325 | .14 | .47 | 5.009E-02 |
| 5 | .1022 | 9 | 4.055E-02 | .05 | .18 | 1.352E-02 |
| 10 | .1100 | 9 | 5.788E-02 | .03 | .23 | 1.929E-02 |
| 15 | 8.429E-02 | 7 | 3.457E-02 | .03 | .14 | 1.307E-02 |
| 20 | 9.833E-02 | 6 | 1.722E-02 | .07 | .12 | 7.032E-03 |

Πίνακας 8.16. Δερματική αγγειακή αγωγιμότητα ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | .7767 | 6 | .5214 | .14 | 1.55 | .2129 |
| 5 | .1850 | 6 | 9.225E-02 | .09 | .31 | 3.766E-02 |
| 10 | .1971 | 7 | .1194 | .09 | .41 | 4.513E-02 |
| 15 | .2100 | 7 | .1137 | .12 | .43 | 4.298E-02 |
| 20 | .1771 | 7 | .1161 | .10 | .43 | 4.390E-02 |

Πίνακας 8.17. Θερμοκρασία δακτύλου όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 36.6722 | 9 | 1.0849 | 35.10 | 38.05 | .3616 |
| 2.00 | 36.6833 | 9 | 1.0926 | 35.20 | 38.20 | .3642 |
| 3.00 | 36.7111 | 9 | .9724 | 35.40 | 38.25 | .3241 |
| 4.00 | 36.7222 | 9 | .9602 | 35.20 | 38.10 | .3201 |
| 5.00 | 36.7556 | 9 | .9989 | 34.90 | 38.10 | .3330 |
| 6.00 | 36.7000 | 9 | .9582 | 34.80 | 37.95 | .3194 |
| 7.00 | 36.6889 | 9 | .9918 | 34.70 | 38.00 | .3306 |
| 8.00 | 36.6444 | 9 | 1.0803 | 34.40 | 37.95 | .3601 |
| 9.00 | 36.6667 | 9 | 1.1020 | 34.40 | 37.95 | .3673 |
| 10.00 | 36.6833 | 9 | 1.0241 | 34.60 | 37.90 | .3414 |
| 11.00 | 36.6944 | 9 | 1.0175 | 34.40 | 37.85 | .3392 |
| 12.00 | 36.6444 | 9 | .9422 | 34.60 | 37.80 | .3141 |
| 13.00 | 36.6667 | 9 | .9711 | 34.60 | 37.85 | .3237 |
| 14.00 | 36.6056 | 9 | 1.0095 | 34.40 | 37.80 | .3365 |
| 15.00 | 36.5357 | 7 | 1.1419 | 34.20 | 37.80 | .4316 |
| 16.00 | 36.5429 | 7 | 1.1911 | 34.05 | 37.80 | .4502 |
| 17.00 | 36.5571 | 7 | 1.1286 | 34.20 | 37.75 | .4266 |
| 18.00 | 36.9500 | 6 | .4680 | 36.50 | 37.70 | .1910 |
| 19.00 | 36.9417 | 6 | .5064 | 36.45 | 37.70 | .2067 |
| 20.00 | 36.9750 | 6 | .5116 | 36.40 | 37.75 | .2089 |

Πίνακας 8.18. Θερμοκρασία δακτύλου ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 36.7438 | 8 | .8192 | 35.35 | 37.70 | .2896 |
| 2.00 | 36.8375 | 8 | .7689 | 35.40 | 37.70 | .2719 |
| 3.00 | 36.9625 | 8 | .7945 | 35.40 | 37.70 | .2809 |
| 4.00 | 37.0750 | 8 | .7402 | 35.60 | 37.80 | .2617 |
| 5.00 | 37.1313 | 8 | .6638 | 35.80 | 37.80 | .2347 |
| 6.00 | 37.0813 | 8 | .7982 | 35.30 | 37.80 | .2822 |
| 7.00 | 37.0875 | 8 | .7680 | 35.40 | 37.70 | .2715 |
| 8.00 | 37.0500 | 8 | .8076 | 35.30 | 37.75 | .2855 |
| 9.00 | 36.9375 | 8 | .9895 | 34.75 | 37.75 | .3498 |
| 10.00 | 36.9812 | 8 | .9227 | 35.05 | 37.80 | .3262 |
| 11.00 | 36.9500 | 8 | .9621 | 35.10 | 37.90 | .3402 |
| 12.00 | 36.9188 | 8 | .9591 | 35.00 | 37.80 | .3391 |
| 13.00 | 36.8438 | 8 | .9424 | 35.00 | 37.80 | .3332 |
| 14.00 | 36.8500 | 8 | .9335 | 34.90 | 37.80 | .3300 |
| 15.00 | 36.8063 | 8 | .9057 | 34.85 | 37.70 | .3202 |
| 16.00 | 36.7875 | 8 | .8692 | 35.00 | 37.70 | .3073 |
| 17.00 | 36.7313 | 8 | .9699 | 35.05 | 37.70 | .3429 |
| 18.00 | 36.7375 | 8 | .9713 | 35.05 | 37.75 | .3434 |
| 19.00 | 36.7875 | 8 | .9031 | 35.20 | 37.70 | .3193 |
| 20.00 | 36.8063 | 8 | .8512 | 35.35 | 37.70 | .3010 |

Πίνακας 8.19. Μέση θερμοκρασία δέρματος όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 37.2989 | 9 | .4675 | 36.30 | 37.80 | .1558 |
| 2.00 | 37.3233 | 9 | .5199 | 36.20 | 37.90 | .1733 |
| 3.00 | 37.3044 | 9 | .5472 | 36.10 | 37.90 | .1824 |
| 4.00 | 37.3033 | 9 | .5077 | 36.20 | 37.90 | .1692 |
| 5.00 | 37.2800 | 9 | .4958 | 36.20 | 37.80 | .1653 |
| 6.00 | 37.1878 | 9 | .5600 | 35.90 | 37.70 | .1867 |
| 7.00 | 37.1844 | 9 | .5227 | 36.00 | 37.70 | .1742 |
| 8.00 | 37.1433 | 9 | .5412 | 35.90 | 37.70 | .1804 |
| 9.00 | 37.0889 | 9 | .5591 | 35.80 | 37.60 | .1864 |
| 10.00 | 37.0667 | 9 | .5801 | 35.80 | 37.60 | .1934 |
| 11.00 | 37.0356 | 9 | .5865 | 35.70 | 37.60 | .1955 |
| 12.00 | 36.9967 | 9 | .5419 | 35.80 | 37.50 | .1806 |
| 13.00 | 36.9600 | 9 | .5641 | 35.70 | 37.50 | .1880 |
| 14.00 | 36.9078 | 9 | .5538 | 35.70 | 37.50 | .1846 |
| 15.00 | 36.9000 | 7 | .6707 | 35.50 | 37.40 | .2535 |
| 16.00 | 36.8457 | 7 | .6595 | 35.50 | 37.40 | .2493 |
| 17.00 | 37.0533 | 6 | .2964 | 36.70 | 37.31 | .1210 |
| 18.00 | 37.0667 | 6 | .3008 | 36.70 | 37.34 | .1228 |
| 19.00 | 37.0417 | 6 | .3272 | 36.60 | 37.34 | .1336 |
| 20.00 | 37.0250 | 6 | .3137 | 36.60 | 37.34 | .1281 |

Πίνακας 8.20. Μέση θερμοκρασία δέρματος ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 37.3763 | 8 | .3051 | 37.10 | 38.00 | .1079 |
| 2.00 | 37.3575 | 8 | .2891 | 37.10 | 38.00 | .1022 |
| 3.00 | 37.3475 | 8 | .2844 | 37.10 | 38.00 | .1006 |
| 4.00 | 37.3700 | 8 | .3230 | 37.10 | 38.10 | .1142 |
| 5.00 | 37.3363 | 8 | .3298 | 37.10 | 38.10 | .1166 |
| 6.00 | 37.3475 | 8 | .3352 | 37.10 | 38.10 | .1185 |
| 7.00 | 37.3162 | 8 | .3470 | 37.00 | 38.10 | .1227 |
| 8.00 | 37.2763 | 8 | .3613 | 36.90 | 38.10 | .1277 |
| 9.00 | 37.2513 | 8 | .3853 | 36.80 | 38.10 | .1362 |
| 10.00 | 37.2763 | 8 | .3843 | 36.80 | 38.10 | .1359 |
| 11.00 | 37.2350 | 8 | .3892 | 36.80 | 38.10 | .1376 |
| 12.00 | 37.2106 | 8 | .3905 | 36.80 | 38.10 | .1381 |
| 13.00 | 37.1833 | 8 | .4109 | 36.70 | 38.10 | .1453 |
| 14.00 | 37.1256 | 8 | .4557 | 36.50 | 38.10 | .1611 |
| 15.00 | 37.1141 | 8 | .4020 | 36.60 | 38.00 | .1421 |
| 16.00 | 37.1474 | 8 | .4325 | 36.60 | 38.10 | .1529 |
| 17.00 | 37.0988 | 8 | .4781 | 36.40 | 38.10 | .1690 |
| 18.00 | 37.1038 | 8 | .4723 | 36.40 | 38.10 | .1670 |
| 19.00 | 37.0475 | 8 | .4659 | 36.30 | 38.00 | .1647 |
| 20.00 | 37.0506 | 8 | .4791 | 36.30 | 38.04 | .1694 |

Πίνακας 8.21. Μέση θερμοκρασία σώματος όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 37.7822 | 9 | .2955 | 37.00 | 37.90 | 9.851E-02 |
| 2.00 | 37.8411 | 9 | .3315 | 37.00 | 38.10 | .1105 |
| 3.00 | 37.9011 | 9 | .3321 | 37.10 | 38.20 | .1107 |
| 4.00 | 37.9567 | 9 | .3427 | 37.10 | 38.20 | .1142 |
| 5.00 | 37.9567 | 9 | .3541 | 37.10 | 38.20 | .1180 |
| 6.00 | 37.9756 | 9 | .3597 | 37.10 | 38.30 | .1199 |
| 7.00 | 37.9978 | 9 | .3709 | 37.10 | 38.30 | .1236 |
| 8.00 | 37.9956 | 9 | .3710 | 37.10 | 38.30 | .1237 |
| 9.00 | 38.0044 | 9 | .3789 | 37.10 | 38.30 | .1263 |
| 10.00 | 37.9933 | 9 | .3838 | 37.10 | 38.30 | .1279 |
| 11.00 | 38.0044 | 9 | .3822 | 37.10 | 38.30 | .1274 |
| 12.00 | 38.0033 | 9 | .3945 | 37.10 | 38.40 | .1315 |
| 13.00 | 37.9911 | 9 | .4024 | 37.10 | 38.40 | .1341 |
| 14.00 | 37.9922 | 9 | .4022 | 37.10 | 38.40 | .1341 |
| 15.00 | 37.9629 | 7 | .4443 | 37.10 | 38.40 | .1679 |
| 16.00 | 37.9457 | 7 | .4398 | 37.10 | 38.40 | .1662 |
| 17.00 | 38.0314 | 7 | .2985 | 37.60 | 38.40 | .1128 |
| 18.00 | 38.0900 | 6 | .2551 | 37.70 | 38.40 | .1041 |
| 19.00 | 38.0883 | 6 | .2562 | 37.70 | 38.40 | .1046 |
| 20.00 | 38.0883 | 6 | .2562 | 37.70 | 38.40 | .1046 |

Πίνακας 8.22. Μέση θερμοκρασία σώματος ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 1.00 | 37.8663 | 8 | .1041 | 37.70 | 38.00 | 3.679E-02 |
| 2.00 | 37.9063 | 8 | 8.634E-02 | 37.80 | 38.00 | 3.053E-02 |
| 3.00 | 37.9662 | 8 | .1731 | 37.80 | 38.30 | 6.121E-02 |
| 4.00 | 38.0150 | 8 | .2002 | 37.80 | 38.40 | 7.079E-02 |
| 5.00 | 38.0413 | 8 | .2284 | 37.80 | 38.50 | 8.077E-02 |
| 6.00 | 38.0788 | 8 | .2617 | 37.80 | 38.60 | 9.251E-02 |
| 7.00 | 38.0800 | 8 | .2603 | 37.80 | 38.60 | 9.204E-02 |
| 8.00 | 38.0788 | 8 | .2827 | 37.80 | 38.60 | 9.994E-02 |
| 9.00 | 38.1038 | 8 | .3123 | 37.80 | 38.70 | .1104 |
| 10.00 | 38.1163 | 8 | .3096 | 37.80 | 38.70 | .1094 |
| 11.00 | 38.1038 | 8 | .2983 | 37.80 | 38.70 | .1055 |
| 12.00 | 38.1000 | 8 | .2966 | 37.83 | 38.70 | .1049 |
| 13.00 | 38.0868 | 8 | .3089 | 37.80 | 38.70 | .1092 |
| 14.00 | 38.1074 | 8 | .3330 | 37.80 | 38.80 | .1178 |
| 15.00 | 38.1114 | 8 | .3298 | 37.80 | 38.80 | .1166 |
| 16.00 | 38.1074 | 8 | .3327 | 37.80 | 38.80 | .1176 |
| 17.00 | 38.0954 | 8 | .3467 | 37.70 | 38.80 | .1226 |
| 18.00 | 38.0892 | 8 | .3514 | 37.70 | 38.80 | .1242 |
| 19.00 | 38.0906 | 8 | .3508 | 37.70 | 38.80 | .1240 |
| 20.00 | 38.0898 | 8 | .3510 | 37.70 | 38.80 | .1241 |

Πίνακας 8.23. Συστολική πίεση όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 139.1429 | 7 | 18.7032 | 107.00 | 159.00 | 7.0691 |
| 5 | 119.4444 | 9 | 14.8502 | 98.00 | 135.00 | 4.9501 |
| 10 | 110.6667 | 9 | 16.7631 | 88.00 | 132.00 | 5.5877 |
| 15 | 109.1429 | 7 | 9.0449 | 95.00 | 122.00 | 3.4186 |
| 20 | 106.8333 | 6 | 10.5909 | 95.00 | 126.00 | 4.3237 |

Πίνακας 8.24. Συστολική πίεση ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 147.7143 | 7 | 21.2894 | 121.00 | 176.00 | 8.0466 |
| 5 | 124.1250 | 8 | 10.6695 | 109.00 | 139.00 | 3.7723 |
| 10 | 117.3750 | 8 | 13.9585 | 102.00 | 144.00 | 4.9351 |
| 15 | 119.2500 | 8 | 9.2698 | 106.00 | 133.00 | 3.2774 |
| 20 | 118.2500 | 8 | 9.5131 | 101.00 | 131.00 | 3.3634 |

Πίνακας 8.25. Διαστολική πίεση όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 68.7143 | 7 | 11.9682 | 56.00 | 92.00 | 4.5236 |
| 5 | 63.6667 | 9 | 7.3144 | 52.00 | 75.00 | 2.4381 |
| 10 | 61.0000 | 9 | 6.1847 | 50.00 | 66.00 | 2.0616 |
| 15 | 60.0000 | 7 | 8.6410 | 46.00 | 69.00 | 3.2660 |
| 20 | 54.1667 | 6 | 7.1391 | 43.00 | 64.00 | 2.9145 |

Πίνακας 8.26. Διαστολική πίεση ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 63.5714 | 7 | 6.5792 | 55.00 | 70.00 | 2.4867 |
| 5 | 57.2500 | 8 | 4.5277 | 49.00 | 62.00 | 1.6008 |
| 10 | 56.5000 | 8 | 3.1168 | 53.00 | 61.00 | 1.1019 |
| 15 | 56.5000 | 8 | 5.0990 | 49.00 | 66.00 | 1.8028 |
| 20 | 55.0000 | 8 | 3.8545 | 51.00 | 63.00 | 1.3628 |

Πίνακας 8.27. Μέση πίεση όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 96.2857 | 7 | 12.7765 | 80.00 | 116.00 | 4.8291 |
| 5 | 87.8889 | 9 | 7.6231 | 71.00 | 99.00 | 2.5410 |
| 10 | 80.8889 | 9 | 7.1492 | 71.00 | 94.00 | 2.3831 |
| 15 | 80.2857 | 7 | 9.1963 | 65.00 | 90.00 | 3.4759 |
| 20 | 72.8333 | 6 | 9.9883 | 55.00 | 85.00 | 4.0777 |

Πίνακας 8.28. Μέση πίεση ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 94.8571 | 7 | 8.1533 | 83.00 | 106.00 | 3.0817 |
| 5 | 83.6250 | 8 | 5.0409 | 77.00 | 92.00 | 1.7822 |
| 10 | 82.6250 | 8 | 4.0333 | 78.00 | 90.00 | 1.4260 |
| 15 | 82.0000 | 8 | 3.7796 | 76.00 | 86.00 | 1.3363 |
| 20 | 80.1250 | 8 | 4.8237 | 75.00 | 90.00 | 1.7054 |

Πίνακας 8.29. Πίεση παλμού όρθια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 70.4286 | 7 | 21.2983 | 50.00 | 103.00 | 8.0500 |
| 5 | 55.7778 | 9 | 17.5910 | 24.00 | 83.00 | 5.8637 |
| 10 | 49.6667 | 9 | 20.1494 | 23.00 | 77.00 | 6.7165 |
| 15 | 49.1429 | 7 | 12.3481 | 29.00 | 65.00 | 4.6672 |
| 20 | 52.6667 | 6 | 13.1250 | 41.00 | 75.00 | 5.3583 |

Πίνακας 8.30. Πίεση παλμού ύπτια

| Χρόνος | Μέσος όρος | N | Τυπική απόκλιση | Ελάχιστο | Μέγιστο | Τυπ. Σφαλ. μέσου |
|--------|------------|---|-----------------|----------|---------|------------------|
| 0 | 84.1429 | 7 | 21.3965 | 58.00 | 110.00 | 8.0871 |
| 5 | 66.8750 | 8 | 8.5930 | 54.00 | 79.00 | 3.0381 |
| 10 | 60.8750 | 8 | 16.3571 | 41.00 | 91.00 | 5.7831 |
| 15 | 62.7500 | 8 | 11.3484 | 50.00 | 84.00 | 4.0123 |
| 20 | 63.2500 | 8 | 9.5581 | 46.00 | 77.00 | 3.3793 |

Πίνακας 8.31.. Αρχικά δεδομένα 9 δοκιμαζομένων στην καθιστή αποκατάσταση

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 1 | 178 | 38.2 | 10.22 | 0.47 | 38.2 | 37.8 | 37 | 38.35 | 159 | 56 | 80 | 103 |
| 1 | 140 | 38.1 | 18.26 | 0.18 | 38.05 | 37.8 | 37 | 38.2 | 123 | 71 | 103 | 52 |
| 1 | 153 | 38.1 | 37.03 | 0.36 | 36.4 | 37.2 | 37 | 37.5 | 139 | 68 | 103 | 71 |
| 1 | 172 | 38.2 | 10.3 | | 35.3 | 37.8 | 37.6 | 37.2 | | | | |
| 1 | 148 | 38.00 | 11.19 | 0.14 | 37.6 | 37.5 | 36.5 | 37.95 | 107 | 57 | 81 | 50 |
| 1 | 137 | 38.00 | 14.3 | 0.15 | 36.6 | 37.7 | 36.8 | 37.5 | 146 | 71 | 96 | 75 |
| 1 | 156 | 38.05 | 43.1 | 0.37 | 36.7 | 37.6 | 37.5 | 38.2 | 142 | 92 | 116 | 50 |
| 1 | 156 | 38.00 | 16.7 | 0.18 | 36.1 | 36 | 36 | 37.7 | 158 | 66 | 95 | 92 |
| 1 | 136 | 37.20 | 21.2 | | 35.2 | 36.7 | 35.05 | 36.95 | | | | |
| 2 | 162 | 38.2 | 12.9 | | 38.25 | 37.8 | 37.05 | 38.35 | | | | |
| 2 | 130 | 38.2 | 16.38 | | 37.9 | 37.8 | 37.1 | 38.2 | | | | |
| 2 | 118 | 38.2 | 39.41 | | 36.6 | 37.2 | 37 | 37.5 | | | | |
| 2 | 145 | 38.4 | 7.7 | | 35.9 | 37.7 | 37.6 | 37.3 | | | | |
| 2 | 135 | 38.10 | 8.73 | | 37.5 | 37.4 | 36.4 | 37.9 | | | | |
| 2 | 125 | 38.00 | 12.8 | | 36.5 | 37.7 | 36.8 | 37.5 | | | | |
| 2 | 136 | 38.15 | 32.4 | | 36.45 | 37.7 | 37.5 | 38.2 | | | | |
| 2 | 140 | 38.05 | 16.3 | | 35.9 | 36.2 | 36 | 37.65 | | | | |
| 2 | 125 | 37.25 | 7.7 | | 35.4 | 36.6 | 35.1 | 36.8 | | | | |
| 3 | 155 | 38.3 | 10.88 | | 38.1 | 37.75 | 37.1 | 38.25 | | | | |
| 3 | 127 | 38.3 | 10 | | 37.8 | 37.8 | 37 | 38.2 | | | | |
| 3 | 109 | 38.2 | 16.29 | | 37 | 37.4 | 36.9 | 37.6 | | | | |
| 3 | 135 | 38.4 | 7.6 | | 36 | 37.8 | 37.4 | 37.3 | | | | |
| 3 | 127 | 38.20 | 5.59 | | 37.6 | 37.4 | 36.4 | 37.9 | | | | |
| 3 | 118 | 38.05 | 15 | | 36.3 | 37.7 | 37 | 37.5 | | | | |
| 3 | 121 | 38.20 | 8.8 | | 36.2 | 37.7 | 37.5 | 38.2 | | | | |
| 3 | 138 | 38.10 | 12.6 | | 36.3 | 36.4 | 36.15 | 37.6 | | | | |
| 3 | 125 | 37.30 | 9.5 | | 35.2 | 36.6 | 35.1 | 36.7 | | | | |
| 4 | 151 | 38.4 | 11.69 | | 38.1 | 37.7 | 37 | 38.2 | | | | |
| 4 | 127 | 38.4 | 8.2 | | 37.7 | 37.7 | 37 | 38.2 | | | | |
| 4 | 108 | 38.2 | 27.85 | | 37.2 | 37.4 | 36.8 | 37.6 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 4 | 131 | 38.4 | 7.6 | | 36.6 | 37.7 | 37.4 | 37.4 | | | | |
| 4 | 124 | 38.20 | 5.23 | | 37.6 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 4 | 118 | 38.10 | 12.5 | | 36.4 | 37.7 | 36.95 | 37.4 | | | | |
| 4 | 114 | 38.25 | 8.2 | | 36.3 | 37.75 | 37.5 | 38 | | | | |
| 4 | 134 | 38.10 | 9.1 | | 36 | 36.4 | 36.2 | 37.5 | | | | |
| 4 | 121 | 37.30 | 8.8 | | 34.9 | 37.4 | 35.1 | 36.8 | | | | |
| 5 | 150 | 38.4 | 9.4 | 0.13 | 37.95 | 37.7 | 37 | 38.2 | 135 | 52 | 88 | 83 |
| 5 | 124 | 38.4 | 7.3 | 0.08 | 37.65 | 37.5 | 36.9 | 38.1 | 113 | 59 | 90 | 54 |
| 5 | 109 | 38.2 | 11.57 | 0.13 | 37.2 | 37.3 | 36.6 | 37.5 | 110 | 60 | 87 | 50 |
| 5 | 131 | 38.4 | 7.5 | 0.08 | 36.6 | 37.7 | 37.4 | 37.4 | 131 | 74 | 99 | 57 |
| 5 | 125 | 38.25 | 5.64 | 0.08 | 37.3 | 37.3 | 36.4 | 37.8 | 98 | 61 | 71 | 37 |
| 5 | 114 | 38.10 | 10.7 | 0.12 | 36.5 | 37.6 | 36.9 | 37.2 | 123 | 62 | 88 | 61 |
| 5 | 112 | 38.30 | 5.8 | 0.07 | 36.2 | 37.7 | 37.4 | 38 | 133 | 63 | 84 | 70 |
| 5 | 131 | 38.20 | 16.7 | 0.18 | 36.1 | 36.6 | 36.2 | 37.4 | 99 | 75 | 91 | 24 |
| 5 | 124 | 37.30 | 4.3 | 0.05 | 34.8 | 36.4 | 35 | 36.6 | 133 | 67 | 93 | 66 |
| 6 | 147 | 38.4 | 9.36 | | 38 | 37.7 | 37 | 38.2 | | | | |
| 6 | 121 | 38.4 | 6.5 | | 37.6 | 37.35 | 36.85 | 38 | | | | |
| 6 | 121 | 38.2 | 20.68 | | 37.2 | 37.2 | 36.6 | 37.5 | | | | |
| 6 | 130 | 38.4 | 9.7 | | 36.7 | 37.6 | 37.4 | 37.4 | | | | |
| 6 | 121 | 38.30 | 5.21 | | 37.3 | 37.2 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 6 | 118 | 38.10 | 8.8 | | 36.5 | 37.5 | 36.8 | 37.15 | | | | |
| 6 | 109 | 38.40 | 6.2 | | 36.1 | 37.7 | 37.4 | 38 | | | | |
| 6 | 129 | 38.20 | 12.0 | | 36.1 | 36.6 | 36.2 | 37.4 | | | | |
| 6 | 126 | 37.35 | 4.4 | | 34.7 | 36.3 | 35 | 36.5 | | | | |
| 7 | 156 | 38.5 | 10.08 | | 37.95 | 37.7 | 37.05 | 38.15 | | | | |
| 7 | 124 | 38.5 | 5.8 | | 37.55 | 37.45 | 36.9 | 38 | | | | |
| 7 | 125 | 38.2 | 11.57 | | 37.2 | 37 | 36.6 | 37.4 | | | | |
| 7 | 132 | 38.4 | 7.5 | | 36.8 | 37.6 | 37.4 | 37.4 | | | | |
| 7 | 122 | 38.30 | 4.89 | | 37.4 | 37.2 | 36.4 | 37.6 | | | | |
| 7 | 121 | 38.10 | 8.5 | | 36.5 | 37.5 | 36.7 | 37.2 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 7 | 109 | 38.40 | 7.9 | | 35.9 | 37.6 | 37.2 | 37.9 | | | | |
| 7 | 129 | 38.20 | 15.2 | | 36.1 | 36.6 | 36.2 | 37.4 | | | | |
| 7 | 123 | 37.40 | 5.17 | | 34.4 | 36.2 | 34.9 | 36.6 | | | | |
| 8 | 152 | 38.5 | 10.6 | | 37.95 | 37.7 | 37 | 38.15 | | | | |
| 8 | 123 | 38.5 | 4.8 | | 37.55 | 37.35 | 36.8 | 38.1 | | | | |
| 8 | 121 | 38.2 | 25.18 | | 37.4 | 37 | 36.6 | 37.3 | | | | |
| 8 | 134 | 38.4 | 7.5 | | 36.7 | 37.6 | 37.3 | 37.4 | | | | |
| 8 | 115 | 38.40 | 5.11 | | 37.5 | 37.2 | 36.2 | 37.5 | | | | |
| 8 | 115 | 38.10 | 10.4 | | 36.5 | 37.4 | 36.6 | 37.1 | | | | |
| 8 | 108 | 38.45 | 7.6 | | 36 | 37.55 | 37.15 | 37.9 | | | | |
| 8 | 131 | 38.20 | 14.2 | | 36 | 36.7 | 36.3 | 37.4 | | | | |
| 8 | 121 | 37.40 | 3.45 | | 34.4 | 36 | 34.8 | 36.5 | | | | |
| 9 | 156 | 38.5 | 10.72 | | 37.9 | 37.65 | 36.9 | 38.1 | | | | |
| 9 | 119 | 38.5 | 5.3 | | 37.6 | 37.4 | 36.85 | 38.1 | | | | |
| 9 | 121 | 38.2 | 25.2 | | 37.3 | 37 | 36.6 | 37.3 | | | | |
| 9 | 136 | 38.4 | 7.5 | | 36.7 | 37.6 | 37.3 | 37.4 | | | | |
| 9 | 117 | 38.40 | 5.96 | | 37.4 | 37.1 | 36.1 | 37.5 | | | | |
| 9 | 119 | 38.00 | 7.9 | | 36.5 | 37.4 | 36.5 | 37.1 | | | | |
| 9 | 111 | 38.50 | 8.3 | | 36.25 | 37.5 | 37.1 | 37.9 | | | | |
| 9 | 135 | 38.20 | 15.3 | | 35.9 | 36.7 | 36.1 | 37.4 | | | | |
| 9 | 122 | 37.40 | 3.7 | | 34.6 | 36 | 34.8 | 36.4 | | | | |
| 10 | 148 | 38.5 | 10.05 | 0.13 | 37.85 | 37.65 | 36.9 | 38.1 | 132 | 64 | 85 | 68 |
| 10 | 120 | 38.6 | 5.8 | 0.07 | 37.5 | 37.4 | 36.75 | 38.05 | 102 | 63 | 80 | 39 |
| 10 | 121 | 38.2 | 9.45 | 0.12 | 37.3 | 36.9 | 36.7 | 37.3 | 127 | 50 | 78 | 77 |
| 10 | 134 | 38.4 | 7.5 | 0.09 | 37 | 37.6 | 37.3 | 37.4 | 117 | 66 | 87 | 51 |
| 10 | 116 | 38.40 | 4.92 | 0.06 | 37.1 | 37 | 36 | 37.3 | 91 | 65 | 83 | 26 |
| 10 | 111 | 38.00 | 10.1 | 0.14 | 36.6 | 37.4 | 36.4 | 37.1 | 96 | 58 | 74 | 38 |
| 10 | 108 | 38.50 | 8.9 | 0.12 | 36.3 | 37.4 | 37.05 | 37.8 | 127 | 52 | 76 | 75 |
| 10 | 128 | 38.25 | 16.5 | 0.23 | 36.2 | 36.7 | 36.15 | 37.4 | 88 | 65 | 71 | 23 |
| 10 | 115 | 37.40 | 3.1 | 0.03 | 34.4 | 36 | 34.6 | 36.5 | 116 | 66 | 94 | 50 |
| 11 | 152 | 38.5 | 9.62 | | 37.8 | 37.6 | 36.8 | 38 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|-----------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| 11 | 121 | 38.6 | 6.3 | | 37.5 | 37.2 | 36.7 | 38 | | | | |
| 11 | 121 | 38.2 | 13.3 | | 37.2 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 11 | 135 | 38.4 | 9.4 | | 36.7 | 37.6 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 11 | 114 | 38.40 | 4.59 | | 37 | 37 | 35.9 | 37.4 | | | | |
| 11 | 116 | 38.00 | 6.1 | | 36.6 | 37.4 | 36.4 | 37 | | | | |
| 11 | 107 | 38.60 | 7.6 | | 36.3 | 37.4 | 37 | 37.8 | | | | |
| 11 | 124 | 38.25 | 12.8 | | 36.1 | 36.7 | 36 | 37.35 | | | | |
| 11 | 115 | 37.40 | 3.8 | | 34.6 | 36.1 | 34.6 | 36.5 | | | | |
| 12 | 150 | 38.5 | 8.3 | | 37.85 | 37.6 | 36.7 | 38 | | | | |
| 12 | 119 | 38.6 | 6 | | 37.6 | 37.3 | 36.6 | 38 | | | | |
| 12 | 124 | 38.2 | 5.35 | | 37.2 | 36.8 | 36.6 | 37.3 | | | | |
| 12 | 136 | 38.4 | 7.3 | | 36.8 | 37.6 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 12 | 115 | 38.40 | 5.01 | | 37 | 37 | 35.9 | 37.4 | | | | |
| 12 | 123 | 38.00 | 6.7 | | 36.6 | 37.4 | 36.35 | 36.9 | | | | |
| 12 | 106 | 38.60 | 7.3 | | 36.4 | 37.45 | 37 | 37.8 | | | | |
| 12 | 118 | 38.25 | 15.4 | | 35.95 | 36.65 | 35.9 | 37.35 | | | | |
| 12 | 114 | 37.50 | 2.6 | | 34.6 | 36 | 34.6 | 36.5 | | | | |
| 13 | 148 | 38.6 | 8.39 | | 37.8 | 37.6 | 36.6 | 38 | | | | |
| 13 | 119 | 38.6 | 5.6 | | 37.3 | 37.2 | 35.8 | 38 | | | | |
| 13 | 120 | 38.2 | 11.07 | | 37.2 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 13 | 133 | 38.4 | 7.2 | | 36.95 | 37.6 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 13 | 117 | 38.40 | 5.47 | | 37.1 | 37 | 35.9 | 37.4 | | | | |
| 13 | 122 | 38.00 | 9.8 | | 36.6 | 37.4 | 36.2 | 36.9 | | | | |
| 13 | 105 | 38.60 | 8.0 | | 36.2 | 37.6 | 37 | 37.8 | | | | |
| 13 | 112 | 38.30 | 12.5 | | 35.9 | 36.6 | 35.8 | 37.2 | | | | |
| 13 | 114 | 37.50 | 2.2 | | 34.4 | 36 | 34.5 | 36.4 | | | | |
| 14 | 150 | 38.6 | 8.19 | | 37.8 | 37.6 | 36.5 | 38 | | | | |
| 14 | 122 | 38.2 | 9.99 | | 37.2 | 36.8 | 36.7 | 37.4 | | | | |
| 14 | 134 | 38.4 | 7.1 | | 36.7 | 37.5 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 14 | 115 | 38.40 | 5.12 | | 37 | 37 | 35.9 | 37.4 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 14 | 111 | 38.00 | 8.5 | | 36.6 | 37.4 | 36.2 | 37 | | | | |
| 14 | 107 | 38.60 | 7.0 | | 36.25 | 37.55 | 37 | 37.7 | | | | |
| 14 | 116 | 37.50 | 2.2 | | 34.2 | 35.9 | 34.15 | 36.5 | | | | |
| 15 | 150 | 38.6 | 9.91 | 0.09 | 37.8 | 37.5 | 36.5 | 37.95 | 115 | 59 | 87 | 56 |
| 15 | 121 | 38.2 | 8.91 | 0.14 | 37.2 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | 111 | 46 | 65 | 65 |
| 15 | 128 | 38.4 | 7.2 | 0.08 | 36.8 | 37.5 | 37.1 | 37.4 | 122 | 69 | 90 | 53 |
| 15 | 115 | 38.40 | 5.08 | 0.07 | 37 | 37 | 35.8 | 37.3 | 100 | 58 | 74 | 42 |
| 15 | 105 | 38.00 | 9.8 | 0.11 | 36.5 | 37.4 | 36.1 | 37 | 110 | 69 | 88 | 41 |
| 15 | 108 | 38.65 | 6.1 | 0.07 | 36.45 | 37.55 | 36.9 | 37.7 | 95 | 66 | 83 | 29 |
| 15 | 115 | 37.55 | 2.6 | 0.03 | 34.05 | 35.9 | 34 | 36.4 | 111 | 53 | 75 | 58 |
| 16 | 150 | 38.6 | 9.34 | | 37.75 | 37.5 | 36.4 | 37.95 | | | | |
| 16 | 122 | 38.2 | 5.17 | | 37.2 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 16 | 132 | 38.4 | 9.6 | | 36.6 | 37.5 | 37.1 | 37.4 | | | | |
| 16 | 113 | 38.40 | 5.36 | | 37.05 | 37 | 35.8 | 37.35 | | | | |
| 16 | 109 | 38.00 | 7.3 | | 36.5 | 37.4 | 36 | 37 | | | | |
| 16 | 106 | 38.65 | 6.5 | | 36.6 | 37.4 | 36.8 | 37.7 | | | | |
| 16 | 102 | 37.55 | 2.3 | | 34.2 | 35.9 | 33.9 | 36.4 | | | | |
| 17 | 146 | 38.6 | 8.42 | | 37.7 | 37.4 | 36.3 | 37.9 | | | | |
| 17 | 125 | 38.2 | 6.69 | | 37.2 | 36.8 | 36.7 | 37.4 | | | | |
| 17 | 128 | 38.4 | 7.5 | | 36.6 | 37.5 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 17 | 114 | 38.40 | 5.01 | | 37.1 | 37 | 35.8 | 37.3 | | | | |
| 17 | 105 | 38.00 | 8.5 | | 36.5 | 37.2 | 36 | 37 | | | | |
| 17 | 106 | 38.65 | 5.9 | | 36.6 | 37.45 | 36.8 | 37.65 | | | | |
| 18 | 147 | 38.6 | 5.84 | | 37.7 | 37.4 | 36.3 | 37.95 | | | | |
| 18 | 123 | 38.2 | 8.96 | | 37.3 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 18 | 133 | 38.4 | 7.3 | | 36.6 | 37.5 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 18 | 112 | 38.40 | 5.47 | | 37.1 | 37 | 35.8 | 37.3 | | | | |
| 18 | 104 | 38.00 | 8.3 | | 36.5 | 37.2 | 36 | 36.9 | | | | |
| 18 | 106 | 38.65 | 7.5 | | 36.45 | 37.45 | 36.8 | 37.65 | | | | |
| 19 | 144 | 38.6 | 5.76 | | 37.75 | 37.4 | 36.25 | 37.95 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 19 | 126 | 38.2 | 8.9 | | 37.3 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 19 | 129 | 38.4 | 7.3 | | 36.8 | 37.5 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 19 | 115 | 38.40 | 5.12 | | 37.1 | 36.9 | 35.8 | 37.25 | | | | |
| 19 | 108 | 38.00 | 8.5 | | 36.5 | 37.2 | 36 | 36.9 | | | | |
| 19 | 106 | 38.70 | 6.3 | | 36.4 | 37.4 | 36.8 | 37.6 | | | | |
| 20 | 140 | 38.6 | 10.4 | 0.10 | 37.65 | 37.4 | 36.1 | 37.8 | 103 | 43 | 55 | 60 |
| 20 | 121 | 38.2 | 8.84 | 0.11 | 37.3 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | 107 | 54 | 78 | 53 |
| 20 | 120 | 38.4 | 7.3 | 0.09 | 37.1 | 37.5 | 37.2 | 37.4 | 109 | 64 | 85 | 45 |
| 20 | 115 | 38.40 | 5.08 | 0.07 | 37.2 | 36.9 | 35.8 | 37.2 | 101 | 59 | 74 | 42 |
| 20 | 110 | 37.95 | 9.2 | 0.12 | 36.4 | 37.1 | 36 | 36.85 | 95 | 54 | 74 | 41 |
| 20 | 104 | 38.70 | 6.9 | 0.10 | 36.4 | 37.4 | 36.8 | 37.6 | 126 | 51 | 71 | 75 |

Πίνακας 8.32.. Αρχικά δεδομένα 8 δοκιμαζομένων στην ύπτια αποκατάσταση

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 1 | 184 | 37.95 | 59 | 1.00 | 37.4 | 37.7 | 38.05 | 37.95 | 165 | 55 | 89 | 110 |
| 1 | 164 | 38.1 | 88 | 0.90 | 37.7 | 37.3 | 36.6 | 37.95 | 146 | 61 | 98 | 85 |
| 1 | 157 | 38 | 129 | 1.55 | 36.8 | 36.8 | 36.6 | 37.5 | 121 | 55 | 83 | 66 |
| 1 | 151 | 38 | 79 | 0.83 | 36.4 | 37.9 | 37.1 | 37.1 | 128 | 70 | 95 | 58 |
| 1 | 154 | 38.00 | 3.29 | 0.03 | 37.6 | 37.2 | 36.8 | 37.5 | 165 | 70 | 106 | 95 |
| 1 | 134 | 38.00 | 14.5 | 0.14 | 36.7 | 37.6 | 37.2 | 37.5 | 176 | 67 | 103 | 109 |
| 1 | 125 | 38.10 | 21.77 | 0.24 | 35.35 | 37.5 | 37.4 | 37.75 | 133 | 67 | 90 | 66 |
| 1 | 144 | 37.9 | 15.67 | | 36 | 37.1 | 36.5 | 37.6 | | | | |
| 2 | 155 | 38 | 42 | | 37.4 | 37.5 | 38.1 | 38 | | | | |
| 2 | 128 | 38.2 | 22 | | 37.7 | 37.35 | 36.6 | 38 | | | | |
| 2 | 115 | 38 | 100 | | 37.1 | 37.3 | 36.4 | 37.6 | | | | |
| 2 | 116 | 38 | 46 | | 36.5 | 37.8 | 37 | 37.3 | | | | |
| 2 | 124 | 38.10 | 3 | | 37.6 | 37.1 | 36.8 | 37.5 | | | | |
| 2 | 111 | 38.00 | 12.9 | | 36.6 | 37.6 | 37.2 | 37.4 | | | | |
| 2 | 105 | 38.15 | 11.94 | | 35.4 | 37.4 | 37.2 | 37.6 | | | | |
| 2 | 114 | 38 | 6.52 | | 36.4 | 37.1 | 36.3 | 37.6 | | | | |
| 3 | 141 | 38.4 | 28 | | 37.7 | 37.45 | 38 | 38.2 | | | | |
| 3 | 108 | 38.3 | 15.4 | | 37.7 | 37.2 | 36.55 | 38.05 | | | | |
| 3 | 108 | 38.1 | 53 | | 37.2 | 37.4 | 36.4 | 37.7 | | | | |
| 3 | 111 | 38 | 36 | | 36.8 | 37.8 | 36.9 | 37.2 | | | | |
| 3 | 110 | 38.15 | 2.81 | | 37.7 | 37.1 | 36.9 | 37.6 | | | | |
| 3 | 104 | 38.00 | 16.0 | | 36.6 | 37.5 | 37.2 | 37.1 | | | | |
| 3 | 101 | 38.20 | 6.39 | | 35.4 | 37.4 | 37.25 | 37.6 | | | | |
| 3 | 114 | 38 | 8.76 | | 36.6 | 37.1 | 36.3 | 37.6 | | | | |
| 4 | 133 | 38.5 | 23 | | 37.8 | 37.5 | 38 | 38.25 | | | | |
| 4 | 108 | 38.4 | 10.64 | | 37.8 | 37.1 | 36.6 | 38 | | | | |
| 4 | 106 | 38.2 | 33 | | 37.2 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 4 | 106 | 38 | 26 | | 37.2 | 37.7 | 36.9 | 37.2 | | | | |
| 4 | 108 | 38.20 | 3.99 | | 37.6 | 37 | 36.9 | 37.6 | | | | |
| 4 | 99 | 38.05 | 13.0 | | 36.8 | 37.1 | 37 | 37.3 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 4 | 99 | 38.20 | 5.40 | | 35.6 | 37.4 | 37.3 | 37.6 | | | | |
| 4 | 110 | 38 | 6.83 | | 36.6 | 37.1 | 36.3 | 37.6 | | | | |
| 5 | 130 | 38.6 | 23 | 0.29 | 37.7 | 37.5 | 38.1 | 38.3 | 115 | 53 | 78 | 62 |
| 5 | 108 | 38.4 | 11.57 | 0.14 | 37.8 | 37.1 | 36.7 | 38 | 134 | 55 | 84 | 79 |
| 5 | 105 | 38.2 | 7 | 0.09 | 37.3 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | 109 | 49 | 77 | 60 |
| 5 | 101 | 38 | 26 | 0.31 | 37.3 | 37.7 | 36.85 | 37.3 | 128 | 60 | 83 | 68 |
| 5 | 109 | 38.20 | 5.32 | 0.07 | 37.6 | 37 | 36.9 | 37.5 | 123 | 58 | 81 | 65 |
| 5 | 99 | 38.10 | 11.0 | 0.12 | 36.85 | 37 | 37 | 37.2 | 131 | 62 | 92 | 69 |
| 5 | 99 | 38.30 | 5.66 | 0.07 | 35.8 | 37.35 | 37.2 | 37.6 | 114 | 60 | 86 | 54 |
| 5 | 110 | 38 | 14.5 | 0.16 | 36.7 | 37.1 | 36.4 | 37.6 | 139 | 61 | 88 | 78 |
| 6 | 129 | 38.7 | 25 | | 37.8 | 37.55 | 38 | 38.35 | | | | |
| 6 | 103 | 38.45 | 12.41 | | 37.6 | 37 | 36.8 | 38 | | | | |
| 6 | 102 | 38.3 | 8 | | 37.3 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 6 | 98 | 38 | 24 | | 37.35 | 37.7 | 36.8 | 37.3 | | | | |
| 6 | 108 | 38.20 | 3.94 | | 37.6 | 36.9 | 36.9 | 37.5 | | | | |
| 6 | 94 | 38.10 | 9.0 | | 36.9 | 37 | 37 | 37.1 | | | | |
| 6 | 96 | 38.35 | 5.70 | | 35.3 | 37.3 | 37.2 | 37.7 | | | | |
| 6 | 111 | 38 | 7.32 | | 36.8 | 37.2 | 36.4 | 37.6 | | | | |
| 7 | 127 | 38.7 | 30 | | 37.7 | 37.6 | 38 | 38.35 | | | | |
| 7 | 102 | 38.45 | 9.4 | | 37.7 | 37 | 36.6 | 38 | | | | |
| 7 | 102 | 38.3 | 3 | | 37.4 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 7 | 98 | 38 | 26 | | 37.4 | 37.7 | 36.8 | 37.4 | | | | |
| 7 | 106 | 38.20 | 6.3 | | 37.5 | 36.8 | 36.9 | 37.4 | | | | |
| 7 | 97 | 38.10 | 10.0 | | 36.8 | 36.8 | 36.9 | 37.1 | | | | |
| 7 | 96 | 38.35 | 6.26 | | 35.4 | 37.3 | 37.2 | 37.6 | | | | |
| 7 | 110 | 38 | 8.77 | | 36.8 | 37.2 | 36.4 | 37.6 | | | | |
| 8 | 127 | 38.8 | 28 | | 37.7 | 37.5 | 38 | 38.3 | | | | |
| 8 | 102 | 38.5 | 8.5 | | 37.75 | 37 | 36.7 | 38 | | | | |
| 8 | 102 | 38.3 | 7 | | 37.4 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 8 | 98 | 38 | 28 | | 37.4 | 37.6 | 36.8 | 37.4 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 8 | 106 | 38.20 | 2.83 | | 37.4 | 36.8 | 36.9 | 37.4 | | | | |
| 8 | 92 | 38.10 | 11.0 | | 36.8 | 36.7 | 36.8 | 37 | | | | |
| 8 | 95 | 38.40 | 5.11 | | 35.3 | 37.3 | 37 | 37.4 | | | | |
| 8 | 110 | 38 | 8.35 | | 36.65 | 37.15 | 36.3 | 37.6 | | | | |
| 9 | 130 | 38.8 | 32 | | 37.6 | 37.4 | 38 | 38.35 | | | | |
| 9 | 101 | 38.5 | 8.5 | | 37.75 | 37.1 | 36.75 | 38 | | | | |
| 9 | 103 | 38.4 | 8.3 | | 37.5 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 9 | 98 | 38 | 31 | | 37.4 | 37.6 | 36.8 | 37.4 | | | | |
| 9 | 103 | 38.20 | 2.72 | | 37.3 | 36.8 | 36.8 | 37.4 | | | | |
| 9 | 92 | 38.10 | 8.0 | | 36.8 | 36.6 | 36.65 | 37 | | | | |
| 9 | 97 | 38.40 | 5.81 | | 34.75 | 37.2 | 37 | 37.4 | | | | |
| 9 | 109 | 38.05 | 11.24 | | 36.4 | 37 | 36.2 | 37.6 | | | | |
| 10 | 126 | 38.8 | 26 | 0.41 | 37.7 | 37.5 | 38 | 38.4 | 115 | 53 | 78 | 62 |
| 10 | 101 | 38.6 | 10.32 | 0.12 | 37.8 | 37.2 | 36.8 | 38 | 132 | 55 | 86 | 77 |
| 10 | 102 | 38.4 | 12 | 0.15 | 37.5 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | 105 | 59 | 82 | 46 |
| 10 | 98 | 38 | 26 | 0.32 | 37.4 | 37.6 | 36.8 | 37.4 | 112 | 60 | 82 | 52 |
| 10 | 99 | 38.25 | 4.73 | 0.06 | 37.3 | 36.8 | 36.7 | 37.4 | 114 | 56 | 84 | 58 |
| 10 | 91 | 38.15 | 12.0 | 0.15 | 36.8 | 36.6 | 36.6 | 36.95 | 115 | 55 | 78 | 60 |
| 10 | 94 | 38.40 | 7.21 | 0.09 | 35.05 | 37.2 | 37 | 37.3 | 102 | 61 | 81 | 41 |
| 10 | 108 | 38.05 | 12.89 | 0.14 | 36.3 | 37.2 | 36.4 | 37.5 | 144 | 53 | 90 | 91 |
| 11 | 126 | 38.9 | 27 | | 37.9 | 37.5 | 38 | 38.4 | | | | |
| 11 | 100 | 38.6 | 11.31 | | 37.7 | 37.1 | 36.6 | 38 | | | | |
| 11 | 103 | 38.4 | 1.54 | | 37.5 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 11 | 101 | 38 | 30 | | 37.4 | 37.6 | 36.7 | 37.4 | | | | |
| 11 | 100 | 38.20 | 5.12 | | 37.3 | 36.8 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 11 | 91 | 38.15 | 7.0 | | 36.7 | 36.5 | 36.5 | 37 | | | | |
| 11 | 94 | 38.40 | 4.08 | | 35.1 | 37.1 | 37 | 37.25 | | | | |
| 11 | 110 | 38.05 | 7.6 | | 36 | 37.05 | 36.3 | 37.6 | | | | |
| 12 | 126 | 38.9 | 28 | | 37.8 | 37.55 | 37.95 | 38.4 | | | | |
| 12 | 101 | 38.6 | 10.81 | | 37.6 | 37 | 36.5 | 38 | | | | |
| 12 | 103 | 38.4 | 2 | | 37.5 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|-----------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| 12 | 102 | 38 | 30 | | 37.4 | 37.6 | 36.7 | 37.4 | | | | |
| 12 | 101 | 38.20 | 6 | | 37.3 | 36.7 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 12 | 91 | 38.15 | 8.0 | | 36.7 | 36.5 | 36.5 | 37 | | | | |
| 12 | 92 | 38.40 | 3.80 | | 35 | 37.1 | 37 | 37.25 | | | | |
| 12 | 111 | 38.1 | 10.7 | | 36.05 | 37.05 | 36.3 | 37.5 | | | | |
| 13 | 126 | 38.9 | 30 | | 37.8 | 37.5 | 37.95 | 38.4 | | | | |
| 13 | 102 | 38.6 | 9.82 | | 37.6 | 36.9 | 36.4 | 38 | | | | |
| 13 | 102 | 38.5 | 1.43 | | 37.5 | 37.4 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 13 | 100 | 38 | 26 | | 36.9 | 37.6 | 36.6 | 37.4 | | | | |
| 13 | 101 | 38.20 | 7.7 | | 37.3 | 36.7 | 36.7 | 37.3 | | | | |
| 13 | 89 | 38.15 | 10.0 | | 36.6 | 36.6 | 36.4 | 36.9 | | | | |
| 13 | 94 | 38.40 | 4.12 | | 35 | 37.1 | 36.8 | 37.2 | | | | |
| 13 | 111 | 38.1 | 9.71 | | 36.05 | 37.2 | 36.3 | 37.5 | | | | |
| 14 | 130 | 38.95 | 33 | | 37.8 | 37.45 | 37.9 | 38.4 | | | | |
| 14 | 104 | 38.6 | 10.34 | | 37.6 | 36.9 | 36.4 | 38 | | | | |
| 14 | 102 | 38.5 | 13.9 | | 37.4 | 37.2 | 36.3 | 37.7 | | | | |
| 14 | 10 | 38 | 28 | | 36.9 | 37.6 | 36.5 | 37.4 | | | | |
| 14 | 99 | 38.20 | 9 | | 37.3 | 36.7 | 36.6 | 37.2 | | | | |
| 14 | 85 | 38.10 | 9.0 | | 36.5 | 36.6 | 36.4 | 36.5 | | | | |
| 14 | 88 | 38.40 | 2.20 | | 34.9 | 37 | 36.8 | 37.1 | | | | |
| 14 | 109 | 38.2 | 12.9 | | 36.4 | 37.05 | 36.3 | 37.5 | | | | |
| 15 | 129 | 38.95 | 33 | 0.43 | 37.7 | 37.5 | 37.9 | 38.3 | 128 | 56 | 77 | 72 |
| 15 | 103 | 38.6 | 11.86 | 0.14 | 37.6 | 36.85 | 36.3 | 38 | 123 | 57 | 86 | 66 |
| 15 | 104 | 38.5 | 9 | 0.12 | 37 | 37.2 | 36.3 | 37.7 | 112 | 52 | 76 | 60 |
| 15 | 99 | 38 | 22 | 0.27 | 37.1 | 37.55 | 36.6 | 37.4 | 120 | 57 | 81 | 63 |
| 15 | 102 | 38.20 | 10 | 0.12 | 37.2 | 36.7 | 36.6 | 37.2 | 122 | 66 | 85 | 56 |
| 15 | 83 | 38.10 | 12.0 | 0.15 | 36.6 | 36.6 | 36.4 | 36.8 | 106 | 55 | 82 | 51 |
| 15 | 91 | 38.40 | 2.66 | 0.03 | 34.85 | 37 | 36.8 | 37.1 | 110 | 60 | 85 | 50 |
| 15 | 110 | 38.2 | 19.96 | 0.24 | 36.4 | 37.05 | 36.2 | 37.5 | 133 | 49 | 84 | 84 |
| 16 | 123 | 38.95 | 30 | | 37.7 | 37.6 | 37.9 | 38.3 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 16 | 99 | 38.6 | 13.5 | | 37.5 | 36.7 | 36.25 | 38 | | | | |
| 16 | 104 | 38.5 | 2.8 | | 37.1 | 37.2 | 36.4 | 37.7 | | | | |
| 16 | 102 | 38 | 27 | | 37.1 | 37.5 | 36.7 | 37.4 | | | | |
| 16 | 102 | 38.15 | 9.12 | | 37.2 | 36.7 | 36.6 | 37.2 | | | | |
| 16 | 81 | 38.10 | 8.0 | | 36.4 | 36.6 | 36.3 | 36.8 | | | | |
| 16 | 94 | 38.40 | 3.74 | | 35 | 37 | 36.8 | 37.05 | | | | |
| 16 | 109 | 38.2 | 18.19 | | 36.3 | 37.05 | 36.3 | 37.5 | | | | |
| 17 | 122 | 38.95 | 31 | | 37.7 | 37.6 | 37.9 | 38.3 | | | | |
| 17 | 102 | 38.6 | 17.6 | | 37.6 | 36.6 | 36.1 | 38 | | | | |
| 17 | 102 | 38.5 | 8.7 | | 37.1 | 37.2 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 17 | 99 | 38 | 23 | | 37.4 | 37.5 | 36.8 | 37.4 | | | | |
| 17 | 104 | 38.15 | 7.96 | | 37.1 | 36.7 | 36.6 | 37.2 | | | | |
| 17 | 80 | 38.10 | 9.0 | | 35.7 | 36.4 | 36 | 36.7 | | | | |
| 17 | 90 | 38.40 | 3.44 | | 35.05 | 37 | 36.8 | 37 | | | | |
| 17 | 109 | 38.2 | 12.89 | | 36.2 | 37.1 | 36.2 | 37.5 | | | | |
| 18 | 129 | 38.95 | 31 | | 37.75 | 37.6 | 37.9 | 38.3 | | | | |
| 18 | 100 | 38.6 | 19.8 | | 37.5 | 36.6 | 36 | 37.95 | | | | |
| 18 | 104 | 38.5 | 14.7 | | 37.2 | 37.1 | 36.4 | 37.8 | | | | |
| 18 | 97 | 38 | 28 | | 37.4 | 37.5 | 36.65 | 37.4 | | | | |
| 18 | 102 | 38.10 | 9.3 | | 37.1 | 36.7 | 36.6 | 37.2 | | | | |
| 18 | 79 | 38.10 | 9.0 | | 35.7 | 36.4 | 36 | 36.7 | | | | |
| 18 | 90 | 38.40 | 3.65 | | 35.05 | 37 | 36.8 | 37.15 | | | | |
| 18 | 112 | 38.2 | 7.6 | | 36.2 | 37.1 | 36.2 | 37.5 | | | | |
| 19 | 127 | 38.95 | 32 | | 37.7 | 37.6 | 37.85 | 38.3 | | | | |
| 19 | 100 | 38.6 | 12.6 | | 37.5 | 36.45 | 35.9 | 37.9 | | | | |
| 19 | 104 | 38.5 | 5.2 | | 37.2 | 37.1 | 36.5 | 37.6 | | | | |
| 19 | 97 | 38 | 23 | | 37.4 | 37.5 | 36.65 | 37.4 | | | | |
| 19 | 99 | 38.10 | 8 | | 37.2 | 36.7 | 36.6 | 37.2 | | | | |
| 19 | 77 | 38.10 | 11.0 | | 35.9 | 36.3 | 36 | 36.6 | | | | |
| 19 | 89 | 38.40 | 3.32 | | 35.2 | 37 | 36.8 | 37 | | | | |
| 19 | 109 | 38.2 | 10.7 | | 36.2 | 37.2 | 36.3 | 37.5 | | | | |

| Χρόνος | Καρδιακή συχνότητα | Θερμοκρασία πυρήνα | LDF | Δερματική αγγειακή αντίσταση | Θερμοκρασία δακτύλου | Θερμοκρασία πήχη | Θερμοκρασία ποδιού | Θερμοκρασία στήθους | Συστολική πίεση | Διαστολική πίεση | Μέση αρτηριακή πίεση | Πίεση παλμού |
|--------|--------------------|--------------------|-------|------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------|
| 20 | 125 | 39 | 31 | 0.43 | 37.7 | 37.6 | 37.85 | 38.3 | 121 | 52 | 75 | 69 |
| 20 | 99 | 38.6 | 16.23 | 0.20 | 37.5 | 36.4 | 35.9 | 37.9 | 120 | 51 | 80 | 69 |
| 20 | 106 | 38.5 | 5.6 | 0.07 | 37.2 | 37.1 | 36.5 | 37.6 | 117 | 53 | 77 | 64 |
| 20 | 96 | 38.05 | 11 | 0.14 | 37.4 | 37.4 | 36.7 | 37.4 | 113 | 58 | 80 | 55 |
| 20 | 95 | 38.05 | 9.8 | 0.11 | 37.1 | 36.7 | 36.6 | 37.15 | 129 | 63 | 90 | 66 |
| 20 | 76 | 38.10 | 11.0 | 0.14 | 35.9 | 36.3 | 36 | 36.6 | 114 | 54 | 78 | 60 |
| 20 | 92 | 38.40 | 7.71 | 0.10 | 35.35 | 37 | 36.75 | 37 | 101 | 55 | 77 | 46 |
| 20 | 112 | 38.2 | 9.71 | 0.12 | 36.3 | 37.2 | 36.3 | 37.5 | 131 | 54 | 84 | 77 |

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ

Πρωτόκολλο άσκησης

Θα σου ζητηθεί να ποδηλατήσεις σε μηχανικό εργόμετρο στον κλιματικό θάλαμο του Εργαστηρίου Εργοφυσιολογίας. Η ένταση της άσκησης θα αντιστοιχεί στο **60% της κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου σου (VO_2peak)**. Η άσκηση θα διακοπεί όταν η θερμοκρασία πυρήνα σου φτάσει τους **38 °C**. Αυτό θα επιτευχθεί σε χρόνο άσκησης όχι μεγαλύτερο των 25 λεπτών.

Η δοκιμασία θα πραγματοποιηθεί σε δύο διαφορετικές συνθήκες:

1. **Άσκηση στο κυκλοεργόμετρο και ανενεργός αποκατάσταση πάνω στο κυκλοεργόμετρο στους 35 °C και 80 – 90% σχετική υγρασία**
2. **Άσκηση στο κυκλοεργόμετρο και ανενεργός αποκατάσταση σε ύπτια θέση στις ίδιες κλιματικές συνθήκες. Η αποκατάσταση θα διαρκεί 30 λεπτά και στις δύο συνθήκες.**

Θα γίνει μέτρηση της θερμοκρασίας δέρματός σου με τοποθέτηση ειδικών θερμομέτρων σε συγκεκριμένα σημεία του σώματός σου καθώς και η θερμοκρασία πυρήνα σου με τη τοποθέτηση ειδικού θερμομέτρου στη περιοχή του ορθού.

Τέλος, τόσο πριν τη δοκιμασία όσο και μετά από αυτή θα γίνει λήψη μικρής ποσότητας αίματος από δάκτυλο του χεριού για το καθορισμό της συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης, αιματοκρίτη καθώς και της ωσμωτικής σου πίεσης.

Κίνδυνοι και συμπτώματα

Η παρατεταμένη άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον μπορεί να συνοδευτεί από δυσάρεστα συμπτώματα όπως γενική **δυσφορία, δύσπνοια, ζάλη, νευρικότητα, κράμπες, υπόταση** και σε ορισμένες περιπτώσεις **λιποθυμία**. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, η άνοδος της θερμοκρασίας πυρήνα πάνω από ορισμένο σημείο μπορεί να οδηγήσει σε **θερμοπληξία**.

Οι πιθανότητες εμφάνισης των παραπάνω συμπτωμάτων κατά τη διάρκεια της παρούσας δοκιμασίας είναι μικρές καθώς θα υπάρχει συνεχής λεκτική ανατροφοδότηση μαζί σου και μέτρηση

κρίσιμων ζωτικών σου λειτουργιών. Επιπλέον, η δοκιμασία θα τερματίζεται σε θερμοκρασίες πυρήνα μικρότερες από αυτές που, δυνητικά, θα μπορούσαν να θέσουν την υγεία σου σε κίνδυνο.

Παρ' όλα αυτά, είναι στοιχειώδες **να αναφέρεις κάθε δυσάρεστο σύμπτωμα** που μπορεί να αισθανθείς σε οποιοδήποτε χρονικό σημείο της δοκιμασίας.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Δε πρέπει να παρεις μέρος στις μετρήσεις αν ταλαιπωρείσαι απο οποιοδήποτε παθολογία η οποία μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την υγεία σου κατά την παρατεταμένη άσκηση σε θερμό και υγρό περιβάλλον!!

Είναι αποκλειστικά δική σου ευθύνη αν αποκρύψεις από τους υπεύθυνους της μελέτης στοιχεία της υγεία σου ή συμπτώματα που μπορεί να θέσουν την υγεία και τη ζωή σου σε κίνδυνο. Σε επόμενη σελίδα θα πρέπει να απαντήσεις σε έντυπο ερωτήσεων οι οποίες αφορούν σε αντενδείξεις εργομέτρησης

Η συμμετοχή σου στις μετρήσεις γίνεται εθελοντικά και σε πνεύμα συνεργασίας. Μπορείς να ζητήσεις οποιαδήποτε πληροφορία αφορά τις μετρήσεις που σου γίνονται καθώς και οτιδήποτε δεν έγινε κατανοητό γύρω απο το σκοπό και τις συνθήκες τις μέτρησης.

Μπορείς να αποσυρθείς απο τις μετρήσεις οποιαδήποτε στιγμή κρίνεις χωρίς καμία προκατάληψη ή συνέπεια απο πλευράς του υπεύθυνου της μελέτης.

Διάβασα το παρόν έντυπο και κατανόησα τις μετρήσεις στις οποίες θα υποβληθώ. Συναινώ να συμμετέχω στις μετρήσεις και διατηρώ το δικαίωμα να αποσυρθώ από τη παρούσα μελέτη όποτε εγώ κρίνω. Δηλώνω ότι είμαι υγιής και δε ταλαιπωρούμαι από σύνδρομα ή ασθένειες που πιθανόν να θέσουν την υγεία και τη ζωή μου σε κίνδυνο κατά τη δοκιμασία.

Υπογραφή δοκιμαζόμενου

Υπογραφή μάρτυρα

Ημερομηνία ___ / ___ / 2004

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΓΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΩΝ ΕΡΓΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ

1. Μνημόνευσε ποτέ ο ιατρός σου ότι έχεις κάποια καρδιακή πάθηση και συνέστησε άσκηση μόνο με ιατρική επίβλεψη;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

2. Αισθάνεσαι πόνο στο στήθος κατά την άσκηση;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

3. Αισθάνθηκες πόνο στο στήθος τον τελευταίο καιρό;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

4. Έχεις τάση λιποθυμίας ή πτώσης όταν ζαλίζεσαι;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

5. Έχεις λιποθυμήσει ποτέ;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

6. Πώς κρίνεις την ανοχή σου στη ζέστη; Επέλεξε ένα αριθμό. 1 = καμία ανοχή, 10 = εξαιρετική ανοχή

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. Σου συνέστησε ποτέ ο γιατρός φάρμακα για την πίεση του αίματος ή για κάποιο άλλο λόγο;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

8. Γνωρίζεις κάποιο άλλο πρόβλημα που δε σου επιτρέπει να κάνεις μέγιστη άσκηση;

ΝΑΙ ___

ΟΧΙ ___

.....
Διάβασα το έντυπο και δηλώνω ότι μπορώ να συμμετέχω στις εργομετρήσεις

Υπογραφή δοκιμαζόμενου

Υπογραφή μάρτυρα

Ημερομηνία ___ / ___ / 2004