



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

**«Φυσιολογικές Αποκρίσεις στην Άπνοια με Βύθιση του
Προσώπου πριν και μετά από Άσκηση»**

Κωνσταντινίδου Σύλβια

Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΕΛΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΥΓΡΟΣ ΣΤΙΒΟΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

© Copyright
Κωνσταντινίδου Σύλβια
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής

Ελένη Σουλτανάκη
Επίκουρη Καθηγήτρια
(Επιβλέπουσα)

Θεόδωρος Πλατάνου
Καθηγητής

Χρυσούλα Χαιροπούλου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

**Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής
διατριβής**

Έκφραση Ευχαριστιών

Ολοκληρώνοντας τη Μεταπτυχιακή μου Διατριβή, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν σε αυτή την προσπάθεια ο καθένας με το δικό του ξεχωριστό τρόπο. Αναμφίβολα, την μεγαλύτερη ευθύνη σε αυτό το εγχείρημα επωμίστηκε η επιβλέπουσα κα Σουλτανάκη, Επίκουρη Καθηγήτρια Κολύμβησης. Σας ευχαριστώ όχι μόνο για την εμπιστοσύνη που μου δείξατε αλλά και για την απέραντη υπομονή σας στις ατελείωτες μας συζητήσεις-διαφωνίες. Πιστεύω ότι δεν θα ξεχάσετε ποτέ την «επαναστατική» και «ατίθαση» σας φοιτήτρια αλλά ελπίζω ότι στο μέλλον θα νοσταλγείτε αυτές τις στιγμές. Ένα μεγάλο ευχαριστώ για όλα όσα μου έχετε προσφέρει. Επειδή η λίστα είναι ανεξάντλητη, θα αναφερθώ επιγραμματικά στην ακαδημαϊκή, την οικονομική και την ηθική σας στήριξη στην περάτωση της διατριβής αλλά και στην προώθηση των αποτελεσμάτων μας σε Διεθνή Συνέδρια και Περιοδικά. Τελικά θα συμφωνήσω μαζί σας ότι «είμαι τυχερή» και υπόσχομαι να φανώ αντάξια των προσδοκιών σας!

Οι πολύτιμες συμβουλές και τα σχόλια του κ Πλατάνου, Καθηγητή Υδατοσφαίρισης με απλό αλλά συνάμα «καυστικό» τρόπο βοήθησαν στη βελτίωση αυτής της Διατριβής. Σας ευχαριστώ γι' αυτή σας τη συνεισφορά στη βελτίωση της συγγραφής της Διατριβής και ειδικότερα στον τρόπο προσέγγισης του ερευνητικού προβλήματος και στη διάρθρωση της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.

Δεν θα μπορούσα ποτέ να παραλείψω τη συμβολή της κα Χαιροπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στη Συγχρονισμένη Κολύμβηση στη συγγραφή αλλά και στην Παρουσίαση της Διατριβής μου. Είναι τόσο εύκολο να εκφράζεται κανείς στο χαρτί αλλά πόσο διαφορετικά είναι τα πράγματα όταν καλείσαι να τα πεις προφορικά και ειδικότερα όταν πρόκειται για επιστημονικά αποτελέσματα. Σας ευχαριστώ για τη βοήθεια σας, τα σχόλια σας, το ενδιαφέρον και για το χρόνο σας.

Όπως όλοι γνωρίζουμε, μια Μεταπτυχιακή Διατριβή δεν μπορεί ποτέ να γίνει από ένα και μόνο άτομο και ειδικότερα ότι αφορά το πειραματικό κομμάτι. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Φοιτητές στο Διδακτορικό Πρόγραμμα Σπουδών στον Τομέα Υγρού Στίβου, Πέτρο Μποτώνη και Δήμητρα Ναυπακτίτου. Όμως, ένα ιδιαίτερα μεγάλο ευχαριστώ δικαιωματικά ανήκει στον Νίκο Μπεϊντάρη ο οποίος ανελλιπώς ήταν παρόν σε όλες τις πειραματικές διαδικασίες. Η πολύτιμη βοήθεια του στην περάτωση των πειραμάτων είναι αναμφισβήτητα ένα τρανταχτό υπόδειγμα αλληλεγγύης και συνεργασίας το οποίο πρέπει να επικροτείται και να αποτελεί παράδειγμα προς μίμηση για όλους.

Θα ήταν μεγάλη παράλειψη να μην αναφέρω τους ίδιους τους συμμετέχοντες αυτής της μελέτης όπου αναμφισβήτητα αποτέλεσαν και τους πρωταγωνιστές αυτού του ακαδημαϊκού εγχειρήματος. Θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για τον πολύτιμο χρόνο τους και ειδικότερα για το ότι θυσιάσαν κάποια Σαββατοκύριακα για να συμμετέχουν στις πειραματικές διαδικασίες. Είναι εκπληκτικό το γεγονός ότι υπάρχουν παιδιά τα οποία αφιλοκερδώς και χωρίς υστεροβουλίες έρχονται εθελοντικά να βοηθήσουν στην διεύρυνση της γνώσης.

Η λίστα όλων όσων έχουν βοηθήσει στην περάτωση αυτής της Διατριβής είναι ανεξάντλητη γιατί όπως είπα και στην αρχή, ο καθένας έχει συνεισφέρει με το δικό του τρόπο. Γι' αυτό το λόγο δεν θα αναφερθώ περαιτέρω σε συγγενείς και φίλους. Είναι όμως σκόπιμο να ευχαριστήσω το προσωπικό της Βιβλιοθήκης καθώς και το Διοικητικό προσωπικό της Σχολής Ε.Φ.Α.Α. όπου αναμφισβήτητα στήριξαν άμεσα αυτό το έργο.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω αυτή τη Διατριβή σε όλους τους Τριαθλητές επισημαίνοντας ότι η εκκίνηση αγώνων Τριάθλου αποτέλεσε το έναυσμα αυτής της μελέτης. Οι αφανείς αυτοί «ήρωες» ψηφίζουν αβίαστα και ομόφωνα *«Ναι στην εκκίνηση από την παραλία»* θεωρώντας ότι αυτό αποτελεί και τη μαγεία του αθλήματος! Ελπίζω ότι θα μπορέσω να συνεχίσω αυτή την έρευνα με απώτερο σκοπό την ασφαλέστερη προπόνηση στο νερό αλλά και τη διεξαγωγή αγώνων ανοικτής θαλάσσης.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΠΝΟΙΑ ΜΕ ΒΥΘΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΟΥ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΣΚΗΣΗ

Σύλβια Κωνσταντινίδου

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Επιστημών Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Τομέας Υγρού Στίβου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το καταδυτικό ανατακλαστικό στον άνθρωπο ενεργοποιείται με την άπνοια και γίνεται εντονότερο με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό. Η ήπια άσκηση παρατεταμένης διάρκειας η οποία προηγείται της άπνοιας προκαλεί εντονότερες αποκρίσεις (Andersson et al., 2002). Η μελέτη έχει σαν στόχο να προσδιορίσει την επίδραση σύντομης έντονης άσκησης στο καταδυτικό ανατακλαστικό και την πιθανή αλληλεπίδραση του με την απόκριση στο κρύο (cold shock response).

Δέκα κολυμβητές αποτέλεσαν ταυτόχρονα την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου εκτελώντας μία άπνοια με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό ($10 \pm 1,05^{\circ}\text{C}$) μετά την ηρεμία (AMH) για 40 δευτερόλεπτα και άλλη μια άπνοια μετά από άσκηση (AMA). Οι δοκιμαζόμενοι περπάτησαν για τρία λεπτά σε διάδρομο με προκαθορισμένη ταχύτητα και κλίση αρχίζοντας με επιβάρυνση στο 55% της VO_2max για το πρώτο λεπτό, στο 65% για το δεύτερο και στο 85% για το τελευταίο. Υπήρξε συνεχής καταγραφή της καρδιακής τους συχνότητας. Δείγματα αίματος ελήφθησαν στην ηρεμία και μετά τις δύο άπνοιες και αναλύθηκαν από τον αυτόματο αναλυτή i-Stat automatic analyzer (Abbott Point of Care Inc., U.S.A.). Η αρτηριακή τους πίεση μετρήθηκε και καταγράφηκε στην ηρεμία και μετά τις δύο άπνοιες.

Εφαρμόστηκε απλή ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων για την ανάλυση των δεδομένων ($p < 0,05$). Η καρδιακή συχνότητα μειώθηκε σημαντικά από την ηρεμία ($8,951 \pm 5,61 \text{bpm}$) στην AMH ($64,35 \pm 4,61$) ενώ παρά την αύξηση της πριν από την AMA ($149,20 \pm 4,91$), σημείωσε πτώση ($118,55 \pm 5,07$) και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$). Η συστολική πίεση αυξήθηκε από την ηρεμία ($124 \pm 0,28 \text{mmHg}$) στην AMH ($138 \pm 0,20$) και μετά την AMA ($179 \pm 0,59$). Όλες οι αλλαγές στη συστολική πίεση είναι στατιστικά σημαντικές. Το γαλακτικό αίματος (La^+) αυξήθηκε από την ηρεμία ($1,04 \pm 0,22 \text{mmol/L}$) μετά την AMH ($1,23 \pm 0,22$) και μετά την AMA ($4,98 \pm 0,84$). Όλες οι αλλαγές στο γαλακτικό είναι στατιστικά σημαντικές. Η αλλαγή στο pH από την ηρεμία ($7,35 \pm 0,01$) μετά την AMH ($7,36 \pm 0,01$) είναι μικρή και μη σημαντική. Αντίθετα στατιστικά σημαντική είναι η αλλαγή στο pH μετά την AMA ($7,29 \pm 0,01$) σε σχέση με την ηρεμία και μετά την AMH. Το συνολικό διοξείδιο του άνθρακος στο αίμα (TCO_2) μειώθηκε σημαντικά από την τιμή ηρεμίας ($30,29 \pm 0,61 \text{mmol/L}$) μετά την AMA ($26,43 \pm 1,19$). Στατιστικά σημαντική είναι επίσης η μείωση μεταξύ της τιμής του TCO_2 μετά την AMA ($29,71 \pm 0,68$) σε σχέση με την τιμή μετά την AMH ($p < 0,00$). Ομοίως, τα διττανθρακικά (HCO_3) μειώθηκαν σημαντικά ($p < 0,02$) από τις τιμές ηρεμίας ($28,76 \pm 0,54 \text{mmol/L}$) στην AMA ($25,06 \pm 1,09$). Επίσης, στατιστικά σημαντική είναι η μείωση στα HCO_3 μεταξύ της AMH ($28,24 \pm 0,62$) και της AMA ($p < 0,01$). Τέλος, η διάρκεια της άπνοιας μετά την άσκηση μειώθηκε κατά πολύ σε σχέση με αυτή στην ηρεμία ($11,20 \pm 3,16$).

Συμπερασματικά, η στατιστικά σημαντική πτώση στην καρδιακή συχνότητα μετά την AMH δίνει ισχυρές ενδείξεις αναφορικά με την ενεργοποίηση του καταδυτικού αντανακλαστικού. Όμως, η αύξηση της αρτηριακής πίεσης συνιστά χαρακτηριστικό τόσο του καταδυτικού αντανακλαστικού, όσο και της απόκρισης στο κρύο και φυσικά στην άσκηση. Η στατιστικά σημαντική αύξηση στην αρτηριακή πίεση μετά την AMA ίσως υποδηλώνει ότι η απόκριση στο κρύο εξασθενεί την επίδραση του καταδυτικού αντανακλαστικού (Gagnon et al., 2013; Jay et al, 2007). Αυτό είναι επίσης εμφανές στην πτώση του TCO_2 και HCO_3 , και στην αδυναμία των συμμετεχόντων να διατηρήσουν άπνοια για 40 δευτερόλεπτα όπως στην AMH. Σύμφωνα με ό τι γνωρίζουμε, αυτή είναι η πρώτη μελέτη η οποία καταδεικνύει τις καρδιο-αναπνευστικές και τις μεταβολικές (αέρια αίματος) αποκρίσεις στη βύθιση σε κρύο νερό με άπνοια μετά από σύντομη έντονη άσκηση. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να εξετάσει εκτενέστερα τις επιδράσεις της άσκησης και της άπνοιας ξεχωριστά ούτως ώστε να διευκρινιστούν οι καθαυτό αλλαγές στην άπνοια μετά την άσκηση σε σχέση με την άπνοια στην ηρεμία.

Λέξεις κλειδιά: άπνοια, φυσιολογικές αποκρίσεις, άσκηση

PHYSIOLOGICAL RESPONSES TO APNEA WITH FACE IMMERSION BEFORE AND AFTER EXERCISE

Konstantinidou Sylvia

Aquatics Division, School of Sports Sciences, National & Kapodistrian University of Athens

ABSTRACT

Diving response in humans is activated through apnea and aggravated with face immersion in cold water. Long and mild exercise on an ergometer preceding apnea intensifies the diving response (Andersson et al., 2002). This study aimed at identifying the impact of short-intensive exercise on the diving response and its potential interaction with the cold shock response.

Ten swimmers formed both the experimental and the control group performing one apnea with face immersion in cold water ($10\pm 1,05^{\circ}\text{C}$) after rest (AAR) for 40 seconds, and another apnea after exercise (AAE). Subjects were asked to perform a 3-minute walk on a treadmill at a pre-estimated speed and elevation starting at 55% of their VO_2max for the first minute, at 65% for the second and at 85% for the last minute. Their heart rate was measured continuously. Blood samples were taken at rest and after the two apneas and analyzed through i-Stat automatic analyzer (Abbott Point of Care Inc., U.S.A.). Arterial blood pressure was measured and recorded at rest and after the two apneas.

One way ANOVA for repeated measures was applied for data analysis ($p<0,05$). Heart rate dropped significantly from rest ($80,95\pm 5,61\text{bpm}$) to AAR ($64,35\pm 4,61$) whereas despite its increase before AAE ($149,20\pm 4,91$), there was still a fall ($118,55\pm 5,07$) and the differences were statistically significant ($p<0,05$). Systolic blood pressure increased from rest ($124\pm 0,28\text{ mmHg}$) to AAR ($138\pm 0,20$) and after AAE ($179\pm 0,59$). All changes for systolic blood pressure were statistically significant. Lactic acid (La^+) increased from rest ($1,04\pm 0,22\text{mmol/L}$) to AAR ($1,23\pm 0,22$) and after AAE ($4,98\pm 0,84$). All changes for lactic acid were statistically significant. The pH changes from rest ($7,35\pm 0,01$) to AAR ($7,36\pm 0,01$) is minimal and insignificant. On the contrary, statistically significant differences were observed in the pH after AAE ($7,29\pm 0,01$) with respect to the values at rest and after AAR. Total blood carbon dioxide (TCO_2) dropped significantly from values at rest ($30,29\pm 0,61\text{mmol/L}$) to AAE ($26,43\pm 1,19$). Statistically significant is also the drop of the TCO_2 value between AAR ($29,71\pm 0,68$) and AAE ($p<0,00$). Similarly, bicarbonates (HCO_3) dropped significantly ($p<0,02$) from resting values ($28,76\pm 0,54\text{mmol/L}$) to AAE ($25,06\pm 1,09$). Furthermore, statistically significant is the drop of HCO_3 between AAR ($28,24\pm 0,62$) and AAE ($p<0,01$). Finally, the duration of apnea after exercise was reduced compared with apnea after rest ($11,20\text{ seconds} (\pm 3,16)$).

In conclusion, the statistically significant fall in the heart rate with apnea AAR provides strong evidence concerning the activation of the diving reflex. On the other hand, the increase in blood pressure is a characteristic not only of the dive reflex but also a response to cold and of course to exercise. Blood pressure's statistically significant increase at AAE, may suggest that the cold shock after short intensive exercise attenuated the diving reflex's impact (Gagnon et al., 2013; Jay et al, 2007). This was also made evident by the drop of TCO_2 and HCO_3 , and

the inability of the participants to maintain apnea with immersion for 40 s as with AAR. To the best of our knowledge, this is the first study demonstrating the cardio respiratory and metabolic (blood gases) responses to cold water immersion apnea after short intensive exercise. Further research must examine meticulously the effect of exercise and apnea separately in order to clarify the exact changes caused from apnea after exercise in contrast with changes from apnea at rest.

Key words: apnea, physiological responses, exercise

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διατριβής.....	iv
Έκφραση Ευχαριστιών.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT.....	ix
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	xv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	xvii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι	1
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ορισμός ερευνητικού προβλήματος και διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων.....	1
1.2 Η Σημασία της Έρευνας.....	1
1.3 Προϋποθέσεις Έρευνας	2
1.4 Οριοθετήσεις – Περιορισμοί Έρευνας.....	4
1.5 Λειτουργικοί ορισμοί.....	5
1.5.1 Το “cold shock response”	5
1.5.2 Το Καταδυτικό Αντανακλαστικό.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ.....	8
2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	8
2.1 Πόσο επικίνδυνο είναι το κρύο (ψύχος) στον ανθρώπινο οργανισμό;	8
2.1.1 Το ψύχος και το “cold shock response”.....	10
2.1.1.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και απόκριση στο ψύχος.....	10
2.1.1.2 Άσκηση, φυσική κατάσταση και απόκριση στο ψύχος	11
2.1.2 Έκθεση στο ψύχος και φυσιολογικές αποκρίσεις.....	12
2.1.2.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στο ψύχος	12
2.1.2.2 Αναπνευστικές αποκρίσεις στο ψύχος.....	12
2.1.2.3 Μεταβολικές αποκρίσεις στο ψύχος.....	12
2.1.2.4 Ορμονικές αποκρίσεις στο ψύχος.....	13
2.2 Υποξία – βασικές έννοιες.....	13
2.2.1 Τι είναι η υποξία και πως μπορεί να επηρεάσει τον ανθρώπινο οργανισμό;	14
2.2.1.1 Καρδιαγγειακές προσαρμογές στην υποξία.....	14
2.2.1.2 Υποξία και Αναπνευστικές Επιδράσεις.....	15
2.2.1.3 Υποξία και Μεταβολικές Επιδράσεις -το «γαλακτικό παράδοξο»... ..	15
2.2.1.4 Ορμονικές αποκρίσεις σε συνθήκες υποξίας.....	16
<i>Η επινεφρίνη και η νορεπινεφρίνη.....</i>	16
<i>Κορτιζόλη, γλυκαγόνη και ινσουλίνη σε υποξικές συνθήκες</i>	16
2.2.1.5 Ανοσοποιητικό και υψόμετρο.....	17
2.2.2 Υποξία και διαφορές ανάμεσα στα φύλα.....	18
2.2.3 Σχέση υποξίας και άπνοιας.....	18
2.3 Το Καταδυτικό Αντανακλαστικό – Γενικά Χαρακτηριστικά.....	19
2.3.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στο ΚΑ.....	19
2.3.1.1 ΚΑ και ανακατανομή αιματικής ροής από την περιφέρεια στο κέντρο	20

2.3.1.2 Το ΚΑ, Καρδιαγγειακές Αποκρίσεις και Θέση σώματος.....	20
2.3.2 Το ΚΑ και Αναπνευστικές αποκρίσεις.....	21
2.3.3 Το ΚΑ και Μεταβολικές Αποκρίσεις.....	21
2.3.4 Το ΚΑ και Αιματολογικές Αποκρίσεις.....	22
2.3.5 Το ΚΑ, η φυσική κατάσταση και η ηλικία των δοκιμαζομένων.....	23
2.3.6 Άσκηση, Άπνοια και Κατεχολαμίνες;.....	23
2.4 Υποξική Προπόνηση.....	23
2.4.1 Οι επιδράσεις της υποξικής προπόνησης.....	24
2.5 Το «cold shock response» και το «καταδυτικό αντανακλαστικό».....	26
2.6 Σύνοψη – Συμπεράσματα.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ.....	29
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	29
3.1 Δοκιμαζόμενοι.....	29
3.2 Πειραματικές διαδικασίες.....	30
3.2.1 Προκαταρκτικές μετρήσεις.....	30
3.2.2 Το πρωτόκολλο.....	31
3.2.3 Μεταβλητές.....	32
3.2.4 Εξοπλισμός.....	33
3.3 Στατιστική ανάλυση.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV.....	36
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	36
4.1 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία.....	36
4.1.1 Το προφίλ των δοκιμαζομένων.....	36
4.1.2 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στην άπνοια πριν και μετά την άσκηση... 36	
4.1.3 Αναπνευστικές αποκρίσεις στην άπνοια πριν και μετά την άσκηση.... 38	
4.1.4 Μεταβολικές Αποκρίσεις στην άπνοια πριν και μετά την άσκηση..... 40	
4.2 Στατιστικός Έλεγχος Ερευνητικών Υποθέσεων.....	41
4.2.1 Η στατιστική σημαντικότητα των καρδιαγγειακών αποκρίσεων στις άπνοιες.....	42
4.2.2 Η στατιστική σημαντικότητα των αναπνευστικών αποκρίσεων στις άπνοιες.....	43
4.2.3 Η στατιστική σημαντικότητα των μεταβολικών αποκρίσεων στις άπνοιες.....	46
4.2.4 Στατιστική σημαντικότητα των αλληλεπιδράσεων στις μεταβλητές ... 48	
4.3 Σύνοψη και Συμπεράσματα – Ερευνητικές Υποθέσεις.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V.....	54
5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	54
5.1 ΚΑ και CSR - καρδιαγγειακές αποκρίσεις.....	54
5.2 ΚΑ και CSR – Αναπνευστικές αποκρίσεις.....	55
5.3 ΚΑ και CSR – Μεταβολικές αποκρίσεις.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI.....	57
6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	57
6.1 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII.....	62
7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII.....	69
8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	69
8.1 Έντυπο ενημέρωσης και συγκατάθεσης δοκιμαζομένων.....	69
8.2 Επιπρόσθετες οδηγίες και πληροφορίες για τους δοκιμαζόμενους.....	71
8.3 Ερωτηματολόγιο Φυσικής Ικανότητας.....	72

8.4 Έντυπο για πειραματικά ραντεβού	73
8.5 Συνοπτικά αποτελέσματα ερευνών στην άπνοια	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΧ.....	79
9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	79
9.1 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και προφίλ Δοκιμαζομένων – Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία	79
9.2 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στην άπνοια –Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία ...	80
9.3 Αναπνευστικές αποκρίσεις στην άπνοια –Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία.....	81
9.4 Μεταβολικές αποκρίσεις στην άπνοια – Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία.....	86
9.5 Καρδιαγγειακές παράμετροι – Επαγωγικά στατιστικά στοιχεία	89
9.6 Αναπνευστικές παράμετροι – Επαγωγικά στατιστικά στοιχεία	91
9.7 Μεταβολικές παράμετροι – Επαγωγικά στατιστικά στοιχεία.....	93
9.8 Συσχετίσεις Μεταβλητών	95

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Οι αναμενόμενες καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές αποκρίσεις του Καταδυτικού Αντανακλαστικού (ΚΑ) και της Απόκρισης στο Κρύο (CSR) καθώς και πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών. **4**

Πίνακας 2.1 Μεταβολικές, μονωτικές και υποθερμικές προσαρμογές του ανθρώπινου οργανισμού στο ψύχος ως προς το μεταβολισμό, τη θερμοκρασία του δέρματος και τη θερμοκρασία πυρήνα. **10**

Πίνακας 3.1. Πειραματικό Πρωτόκολλο – πειραματικές συνθήκες, θέση σώματος και μεταβλητές οι οποίες μετρήθηκαν σε κάθε πειραματική φάση **32**

Πίνακας 3.2 Εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές αναφορικά με το καταδυτικό αντανακλαστικό και την απόκριση στο κρύο. Οι εξαρτημένες μεταβλητές κατηγοριοποιούνται σε καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές σε ελεγχόμενες και μη ελεγχόμενες, στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και στη φυσική κατάσταση των δοκιμαζομένων. **33**

Πίνακας 4.1 Καρδιακή συχνότητα σε πέντε φάσεις της κύριας πειραματικής δοκιμασίας. **42**

Πίνακας 4.2 Αρτηριακή Πίεση (ΑΠ) - Συστολική και Διαστολική Πίεση στις τρεις κύριες φάσεις της πειραματικής δοκιμασίας **43**

Πίνακας 4.3 Ρυθμός Αναπνοής και Πνευμονικός Αερισμός στην Η (ηρεμία), μετά την ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και μετά την ΑΜΑ (άπνοια μετά από άσκηση). **44**

Πίνακας 4.4 Κατανάλωση Οξυγόνου και Παραγωγή Διοξειδίου του Άνθρακα στην Η (ηρεμία), μετά την ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και μετά την ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση) **45**

Πίνακας 4.5 Μερική πίεση οξυγόνου και μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στην Η (ηρεμία), μετά την ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και μετά την ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση) **45**

Πίνακας 4.6 Κορεσμός Οξυγόνου SO_2 στην Η (ηρεμία), μετά την ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και μετά την ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση) **46**

Πίνακας 4.7 Γαλακτικό και p.H. Αίματος στην Η (ηρεμία), μετά την ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και μετά την ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση) **46**

Πίνακας 4.8 ΒΕ, Συνολικό Διοξείδιο του Άνθρακος στο αίμα (TCO_2) και Διττανθρακικά (HCO_3) στην Η (ηρεμία), μετά την ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και μετά την ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση) **47**

Πίνακας 4.9 Συντελεστής Pearson (r) ανάμεσα στις καρδιαγγειακές παραμέτρους (καρδιακή συχνότητα και αρτηριακή πίεση) κατά τις πειραματικές φάσεις **48**

Πίνακας 4.10 Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους κατανάλωση οξυγόνου (VO_2), παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2) και πνευμονικό αερισμό (VE) κατά τις πειραματικές φάσεις **48**

Πίνακας 4.11 Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους κατανάλωση οξυγόνου (VO_2) και παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2) κατά τις πειραματικές φάσεις **49**

Πίνακας 4.12 Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους – μερικές πιέσεις οξυγόνου (PO_2) και διοξειδίου του άνθρακα (PCO_2) με τον κορεσμό οξυγόνου (SO_2) στις πειραματικές φάσεις **49**

Πίνακας 4.13 Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους – μερικές πιέσεις οξυγόνου (PO_2) και διοξειδίου του άνθρακα (PCO_2) κατά τις πειραματικές φάσεις **49**

Πίνακας 4.14 Συντελεστής Pearson (r) για τις μεταβολικές παραμέτρους – ΒΕ, διττανθρακικά (HCO_3), συνολικό διοξείδιο άνθρακα (TCO_2), γαλακτικό (La) και p.H. κατά τις πειραματικές φάσεις **50**

Πίνακας 4.15 Συντελεστής Pearson (r) για τις μεταβολικές παραμέτρους – p.H., γαλακτικό (La) και ΒΕ κατά τις πειραματικές φάσεις. **50**

Πίνακας 4.16 Συνοπτικά αποτελέσματα παραμέτρων καταδυτικού αντανακλαστικού και της απόκρισης στο κρύο (cold shock response) όσον αφορά καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές παραμέτρους κατά τις πειραματικές φάσεις Η :ηρεμία ΑΜΗ: άπνοια μετά την ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά την άσκηση. **51**

Πίνακας 4.17 Συνοπτικά αποτελέσματα αποδοχής ή απόρριψης ερευνητικών υποθέσεων **53**

Πίνακας 6.1 Συγκριτικά αποτελέσματα ερευνών στην άπνοια πριν και μετά από άσκηση **59**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

- Πίνακας A8.1** Σύνοψη ερευνών στην άπνοια 74
- Πίνακας B9.1** Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και Φυσική Κατάσταση Δοκιμαζομένων 79
- Πίνακας B9.2** Αθλητικό προφίλ Δοκιμαζομένων 79
- Πίνακας B9.3** Αλλαγή στην ΚΣ των Δοκιμαζομένων μετά τις άπνοιες 80
- Πίνακας B9.4** Αλλαγή στην MAP των Δοκιμαζομένων μετά τις άπνοιες 80
- Πίνακας B9.5** Ρυθμός Αναπνοής (αριθμός αναπνοών ανά λεπτό) 81
- Πίνακας B9.6** Πνευμονικός Αερισμός - VE BTPS (L) πριν και μετά τις άπνοιες 81
- Πίνακας B9.7** Κατανάλωση Οξυγόνου- VO₂ (ml/min) πριν και μετά τις άπνοιες 83
- Πίνακας B9.8** Κατανάλωση Διοξειδίου του Άνθρακα VCO₂ (ml/min) πριν και μετά τις άπνοιες 83
- Πίνακας B9.9** Μερική πίεση Οξυγόνου P_{O₂} (mmHg) πριν και μετά τις άπνοιες 84
- Πίνακας B9.10** Μερική πίεση Διοξειδίου του Άνθρακα P_{CO₂} (mmHg) πριν και μετά τις άπνοιες 84
- Πίνακας B9.11** Κορεσμός Οξυγόνου στο αίμα πριν και μετά τις άπνοιες 85
- Πίνακας B9.12** Γαλακτικό αίματος- La⁺ (mmol/L) πριν και μετά τις άπνοιες 86
- Πίνακας B9.13** p.H. αίματος πριν και μετά τις άπνοιες 86
- Πίνακας B9.14** BE (base excess/deficit) πριν και μετά τις άπνοιες 87
- Πίνακας B9.15** T_{CO₂} πριν και μετά τις άπνοιες 87
- Πίνακας B9.16** HCO₃ πριν και μετά τις άπνοιες 88
- Πίνακας B9.17** ANOVA Συγκρίσεις Καρδιακής Συχνότητας ανά Ζεύγη στις 5 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 89
- Πίνακας B9.18** ANOVA Συγκρίσεις Συστολικής Πίεσης ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 89
- Πίνακας B9.19** ANOVA Συγκρίσεις Μέσης Αρτηριακής Πίεσης ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 90
- Πίνακας B9.20** ANOVA Συγκρίσεις Ρυθμού Αναπνοής (RR) ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 91
- Πίνακας B9.21** ANOVA Συγκρίσεις Πνευμονικού Αερισμού (VE) ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 91
- Πίνακας B 9.22** ANOVA Συγκρίσεις Κατανάλωσης Οξυγόνου (VO₂) ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 92
- Πίνακας B9.23** ANOVA Συγκρίσεις Παραγωγής Διοξειδίου του Άνθρακα (VCO₂) ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 92
- Πίνακας B9.24** ANOVA Συγκρίσεις Γαλακτικού Αίματος ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 93
- Πίνακας B9.25** ANOVA Συγκρίσεις p.H. Αίματος ανά Ζεύγη στις 3 χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας 93
- Πίνακας B9.26** ANOVA Συγκρίσεις BE Αίματος ανά Ζεύγη στις 3 κύριες φάσεις της πειραματικής διαδικασίας 94
- Πίνακας B9.27** ANOVA Συγκρίσεις TCO₂ Αίματος ανά Ζεύγη στις 3 κύριες φάσεις της πειραματικής διαδικασίας 94
- Πίνακας B9.28** ANOVA Συγκρίσεις HCO₃ Αίματος ανά Ζεύγη στις 3 κύριες φάσεις της πειραματικής διαδικασίας 94
- Πίνακας B9.29** ANOVA Συγκρίσεις TCO₂ Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας 112
- Πίνακας B9.30** ANOVA Συγκρίσεις HCO₃ Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας 112
- Πίνακας B9.31** Συσχετίσεις Μεταβολικών και Αναπνευστικών Μεταβλητών 96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 4.1 Καρδιακή συχνότητα ($K\Sigma$ – κτύποι ανά λεπτό) κατά τις πειραματικές συνθήκες των 2 άπνοιων. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση, *HMAA*: ηρεμία μετά από άπνοια άσκησης **37**

Γράφημα 4.2 Συστολική Πίεση($\Sigma\Pi$. –mmHg) κατά τις πειραματικές συνθήκες. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **37**

Γράφημα 4.3 Διαστολική Πίεση($\Delta.\Pi$. –mmHg) κατά τις πειραματικές συνθήκες. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **38**

Γράφημα 4.4 Μέση Αρτηριακή Πίεση ($ΜΑ\Pi$ –mmHg) κατά τις πειραματικές συνθήκες. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **38**

Γράφημα 4.5 Αλλαγές στην Κατανάλωση Οξυγόνου (VO_2 –ml/min) κατά τις πειραματικές φάσεις. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **39**

Γράφημα 4.6 Αλλαγές στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2 –ml/min) κατά τις πειραματικές φάσεις. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **39**

Γράφημα 4.7. Αλλαγές στην μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα(PCO_2 –mmHg) κατά τις πειραματικές φάσεις. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **40**

Γράφημα 4.8. Αλλαγές στο γαλακτικό αίματος(La –mmol/L) κατά τις πειραματικές φάσεις. *H*: ηρεμία, *AMH*: άπνοια μετά από ηρεμία και, *AMA*: άπνοια μετά από άσκηση **41**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- ↑ = αύξηση
↓ = μείωση
○ = καμία αλλαγή ή μη σημαντική
? = άγνωστη επίδραση
> = μεγαλύτερη από
< = μικρότερη από

Ελληνικά

- A:** αποκατάσταση
ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία
ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση
ΑΠ: αρτηριακή πίεση
ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος
ΔΠ: διαστολική πίεση (mmHg)
H: ηρεμία
ΗΚΓ: ηλεκτροκαρδιογράφημα
Κ.Α.: καταδυτικό αντανακλαστικό
ΚΠ: καρδιακή παροχή
ΚΣ: καρδιακή συχνότητα
ΜΑΠ: μέση αρτηριακή πίεση (mmHg)
ΜΧ: μήκος χεριάς (κολύμβηση)
ΟΕ: ομάδα ελέγχου
ΟΠ: όγκος παλμού
ΠΟ: πειραματική ομάδα
ΣΒ: σωματικό βάρος
ΣΧ: συχνότητα χεριάς (κολύμβηση)
ΣΛ: σωματικό λίπος
ΣΥ: σωματικό ύψος
ΣΠ: συστολική πίεση (mmHg)
Υπ.: (ερευνητική) υπόθεση

Αγγλικά

- BE:** base/excess η ποσότητα οξέως ή βάσεως η οποία πρέπει να προστεθεί σε ένα λίτρο πλήρως οξυγονωμένου αίματος για να επανέρθει το p.H. 7,40 σε θερμοκρασία 37⁰C.
⁰C: βαθμοί Κελσίου
CO: καρδιακή παροχή
CO₂: διοξείδιο του άνθρακος
CSR: cold shock response
DBP: διαστολική αρτηριακή πίεση (mmHg)
EPO: ερυθροποιητίνη
FEV: βιαίως εκπνεόμενος όγκος αέρα σε 1 δευτ. (L)
FVC: βιαίως εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα (L)
FrCO₂ : κλάσμα περιεκτικότητας διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα
FrN₂ : κλάσμα περιεκτικότητας αζώτου στον αέρα
FrO₂ : κλάσμα περιεκτικότητας οξυγόνου στον αέρα
Hb: αιμοσφαιρίνη
HCO₃: διττανθρακικά

Hct: αιματοκρίτης
HR: καρδιακή συχνότητα
K: κάλιο
La⁺: γαλακτικό (φλεβικού) αίματος
LHTL: live high train low
MAP: Μέση αρτηριακή πίεση
mmHg: χιλιοστά στήλης υδραργύρου (πίεση)
O₂: οξυγόνο
P_b: βαρομετρική πίεση (mmHg)
P_{CO₂}: μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα στο φλεβικό αίμα
P_{CO₂}: μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα στο φλεβικό αίμα
PET-aO₂: διαφορά της τελοαναπνευστικής πίεσης οξυγόνου με την αρτηριακή πίεση οξυγόνου
PA-aO₂: διαφορά στην μερική πίεση οξυγόνου στις κυψελίδες με το αρτηριακό αίμα.
P_{ET}CO₂: τελοαναπνευστική πίεση του διοξειδίου το άνθρακα (mmHg)
P_{ET}O₂: τελοαναπνευστική πίεση του οξυγόνου (mmHg)
pH: οξύτητα ή αλκαλικότητα
P_{O₂}: μερική πίεση οξυγόνου στο φλεβικό αίμα
Q: καρδιακή παροχή
RER: VCO₂/VO₂ - αναπνευστικό πηλίκο
SaO₂: κορεσμός αρτηριακού αίματος σε O₂ (%)
SO₂: κορεσμός φλεβικού αίματος σε O₂ (%) μετά το τέλος της άπνοιας
SBP: συστολική αρτηριακή πίεση (mmHg)
SkBF: δερματική ροή αίματος (% διαφορά από την τιμή ελέγχου)
TCO₂: συνολικό διοξείδιο άνθρακος στο φλεβικό αίμα
TPR: συνολική περιφερική αντίσταση = (MAP /CO)
VE: πνευμονικός αερισμός
VO₂max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (L/min ή ml.kg/min)
VO₂peak: η απόλυτη μέγιστη τιμή πρόσληψης οξυγόνου σε μία δοκιμασία (L/min ή ml.kg/min)
V_{swim}: ταχύτητα (κολύμβηση)
Vt: αναπνεόμενος όγκος αέρα
Watt: μονάδα μέτρησης της ισχύος (ισούται με ένα Joule ανά δευτερόλεπτο)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη εξέτασε δύο συνθήκες οι οποίες, ενώ εκ πρώτης όψεως φαίνονται ασύνδετες και διαφορετικές, η πιθανότητα της ταυτόχρονης ενεργοποίησης τους είναι απλή και συχνή. Συγκεκριμένα, το κρύο και η άπνοια (το κράτημα της αναπνοής), αφορούν καταστάσεις στις οποίες εκτίθενται οι τριαθλητές κατά την έναρξη των αγώνων σε ανοικτή θάλασσα (κολυμβητικό μέρος). Εικάζεται ότι οι αποκρίσεις του ανθρώπινου οργανισμού σε αυτές τις συνθήκες συνιστούν στην ταυτόχρονη ενεργοποίηση δύο αντιφατικών φυσιολογικών συστημάτων, του συμπαθητικού και του παρασυμπαθητικού. Αυτές οι συνθήκες εξετάστηκαν με προσομοίωση της έναρξης αγώνων σε εργαστηριακό επίπεδο, καθώς και οι επιπτώσεις αυτών στα φυσιολογικά λειτουργικά συστήματα.

1.1 Ορισμός και διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος

Η αναφορά στις επιδράσεις του κρύου στον άνθρωπο, στοχεύει στην αντιπαράθεση του με το «cold shock response» (CSR) το οποίο πραγματεύεται η παρούσα μελέτη. Όπως συνάγεται από τη συζήτηση πιο κάτω, οι αποκρίσεις του ανθρώπινου οργανισμού στο κρύο είναι παρόμοιες με τα χαρακτηριστικά αυτού του αντανακλαστικού. Επιπροσθέτως, οι αποκρίσεις του ανθρώπινου οργανισμού στο υψόμετρο προσομοιάζουν με τις συνθήκες άπνοιας συνεπώς, αντιστοιχούν με αυτές του «καταδυτικού αντανακλαστικού». Παρόλο η λέξη «υψόμετρο» χρησιμοποιείται συχνά ως ισότιμη με κατάσταση υποξίας και κατ'επέκταση άπνοιας, υπάρχουν ορισμένες διαφορές (βλέπε Κεφάλαιο Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης). Σύμφωνα με έρευνες, η βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό, ενεργοποιεί εξίσου το ΚΑ όπως η βύθιση του σώματος (Heath & Downy, 1990). Παρόλα αυτά όμως, η βύθιση του σώματος στο νερό συνιστά μια σειρά από φυσιολογικές αποκρίσεις οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν γίνεται ταυτόχρονα με την ενεργοποίηση του ΚΑ (Γελαδάς, 2008: 35). Συγκεκριμένα, η βύθιση του σώματος στο νερό συνιστά έκθεση σε υπερβαρικό περιβάλλον όπου δηλαδή η εξωτερική πίεση είναι μεγαλύτερη από αυτή στην επιφάνεια της θάλασσας (Wilmore & Costill, 2006:354). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι, όταν υπάρχει ταυτόχρονη βύθιση σώματος και προσώπου σε κρύο νερό, υπερτερεί το cold shock response παρόλο που ενεργοποιείται και το Κ.Α (Hayward et al., 1984). Αντίθετα, η βύθιση του σώματος σε κρύο νερό (χωρίς άπνοια), ενεργοποιεί μόνο το cold shock response (Tipton, 1989). Παρά ταύτα, η επιβίωση θυμάτων και ειδικότερα παιδιών μετά από βύθιση διάρκειας αρκετών λεπτών αποδίδεται στην ενεργοποίηση του αντανακλαστικού κατάδυσης.

Συμπερασματικά, δεν γνωρίζουμε κατά πόσο η έκθεση στο κρύο νερό και η άπνοια ενεργοποιούν αντιφατικούς φυσιολογικούς μηχανισμούς οι οποίοι εκδηλώνονται μέσω του αντανακλαστικού απόκρισης στο κρύο και του αντανακλαστικού κατάδυσης αντίστοιχα.

1.2 Η Σημασία της Έρευνας

Η μελέτη αποτελεί βασική έρευνα προσδοκώντας στη απόκτηση πρωτότυπης γνώσης όσον αφορά την πιθανή ταυτόχρονη ενεργοποίηση δύο αντίθετων φυσιολογικών συστημάτων και την εκδήλωση τους δια μέσου δύο αντιφατικών αντανακλαστικών πριν και μετά από άσκηση (βλέπε επίσης Alboni et al., 2011a). Στόχος ήταν η κατανόηση των φυσιολογικών αποκρίσεων του ανθρώπινου οργανισμού σε συνθήκες, συνήθειες για τους τριαθλητές κατά την έναρξη των αγώνων. Επιπροσθέτως, η απότομη είσοδος στο κρύο νερό μετά από άσκηση συνιστά μια συνθήκη που αφορά το γενικό πληθυσμό και ειδικότερα τους χειμερινούς κολυμβητές. Τα αποτελέσματα προσθέτουν εμπειρικά δεδομένα στη θεωρία των Shattock & Tipton (2012), αναφορικά με την πιθανή ταυτόχρονη ενεργοποίηση του συμπαθητικού και του παρασυμπαθητικού (*autonomic conflict*).

1.3 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Με βάση τα αποτελέσματα η μελέτη προσδοκεί να απαντήσει στα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Οι φυσιολογικές αποκρίσεις στη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό πριν και μετά από άσκηση υποδηλώνουν την ενεργοποίηση του CSR; Εάν ναι, ποιες είναι αυτές οι φυσιολογικές παράμετροι;
2. Οι φυσιολογικές αποκρίσεις στη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό πριν και μετά από άσκηση υποδηλώνουν την ενεργοποίηση του ΚΑ; Εάν ναι, ποιες είναι αυτές οι φυσιολογικές παράμετροι;
3. Υπάρχουν διαφορές στις αντίστοιχες αποκρίσεις του CSR και του ΚΑ πριν και μετά από άσκηση; Εάν ναι, σε ποιες φυσιολογικές παραμέτρους;
4. Υποθέτοντας ότι ενεργοποιούνται τα δύο αντανακλαστικά, υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών στις συνθήκες πριν και μετά από άσκηση; Εάν ναι, σε ποιες φυσιολογικές παραμέτρους;

Επιπροσθέτως, οι επιμέρους στόχοι ήταν η επιβεβαίωση ή απόρριψη των ακόλουθων ερευνητικών υποθέσεων:

A. CSR

Υπ 1: Η ενεργοποίηση του CSR με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από ηρεμία επιβεβαιώνεται μέσω (α) καρδιαγγειακών (β) αναπνευστικών και (γ) μεταβολικών παραμέτρων.

Υπ 2: Η ενεργοποίηση του CSR με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από άσκηση επιβεβαιώνεται μέσω (α) καρδιαγγειακών (β) αναπνευστικών και (γ) μεταβολικών παραμέτρων.

Υπ 3: Το CSR είναι εντονότερο μετά την άσκηση σε σχέση με αυτό μετά την ηρεμία όπως επιβεβαιώνεται από τις (α) καρδιαγγειακές (β) αναπνευστικές και (γ) μεταβολικές παραμέτρους.

B. Κ.Α.

Υπ 4: Η ενεργοποίηση του ΚΑ με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από ηρεμία επιβεβαιώνεται μέσω (α) καρδιαγγειακών (β), αναπνευστικών και (γ) μεταβολικών παραμέτρων.

Υπ 5: Η ενεργοποίηση του ΚΑ με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από άσκηση επιβεβαιώνεται μέσω (α) καρδιαγγειακών (β), αναπνευστικών και (γ) μεταβολικών παραμέτρων.

Υπ 6: Το ΚΑ είναι εντονότερο μετά την άσκηση σε σχέση με αυτό μετά την ηρεμία όπως επιβεβαιώνεται από τις (α) καρδιαγγειακές (β), αναπνευστικές και (γ) μεταβολικές παραμέτρους.

Γ. Αλληλεπιδράσεις

Υπ. 7: Το ΚΑ αλληλεπιδρά με το CSR μετά από ηρεμία στις (α) καρδιαγγειακές (β), αναπνευστικές και (γ) μεταβολικές παραμέτρους.

Υπ. 8 Το ΚΑ αλληλεπιδρά με το CSR μετά από άσκηση στις (α) καρδιαγγειακές (β), αναπνευστικές και (γ) μεταβολικές παραμέτρους.

Μέσω των αποτελεσμάτων, σκιαγραφούνται οι φυσιολογικές αποκρίσεις των κολυμβητών στην άπνοια με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό κατά την ηρεμία και μετά από άσκηση. Απώτερος σκοπός ήταν ο έλεγχος της πιθανότητας για την ταυτόχρονη ενεργοποίηση των μηχανισμών του συμπαθητικού και του παρασυμπαθητικού μέσω των πειραματικών χειρισμών. Επιμέρους στόχοι αφορούσαν τον εντοπισμό των επιδράσεων και πιθανών αλληλεπιδράσεων αυτών των αντανακλαστικών στον ανθρώπινο οργανισμό. Στον Πίνακα 1.2, ομαδοποιούνται οι μεταβλητές οι οποίες αξιολογούν την ενεργοποίηση των αντανακλαστικών. Όσες μεταβλητές επιλέχθηκαν να μετρηθούν επισημαίνονται με αστερίσκο (*). Επίσης, παρουσιάζονται οι αναμενόμενες αποκρίσεις στις αντίστοιχες μεταβλητές οι οποίες χαρακτηρίζουν τα δύο αντανακλαστικά και η πιθανή αλληλεπίδραση τους. Όπου υπάρχει κενό στη βιβλιογραφία ή τα αποτελέσματα είναι διφορούμενα, υπάρχει ερωτηματικό (?). Αυτό συνεπάγεται ότι τα αποτελέσματα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι πρωτότυπα.

Πίνακας 1.1. Οι αναμενόμενες καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές αποκρίσεις του Καταδυτικού Αντανακλαστικού (KA) και της Απόκρισης στο Κρύο (CSR) καθώς και πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών.

Μεταβλητή	KA	CSR	Αλληλεπίδραση
<i>Καρδιαγγειακές</i>			
Καρδιακή συχνότητα*	μείωση	αύξηση	αρρυθμίες?
Καρδιακή Παροχή	μείωση	αύξηση	άγνωστη
Αρτηριακή Πίεση*	αύξηση	αύξηση	αύξηση
Περιφερική αντίσταση TPR = (MAP /CO)	αύξηση	αύξηση	αύξηση
Αγγειοσυστολή	κορμό & άκρα	περιφερική	άγνωστη
Ροή αίματος- δέρμα & σπλάχνα	μείωση	μείωση	μείωση
<i>Αναπνευστικές</i>			
Πνευμονικός αερισμός (VE)*	αύξηση	αύξηση	αύξηση
Ρυθμός Αναπνοής (RR)*	αύξηση	αύξηση	αύξηση
Κατανάλωση οξυγόνου (VO₂)*	αύξηση	αύξηση	αύξηση
Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO₂)*	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
Αναπνεόμενος όγκος (VT) *	αύξηση	αύξηση	αύξηση?
Αναπνευστικό πηλίκο (RER)*	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
Μερική Πίεση Οξυγόνου (P_{O₂}) *	μείωση	αύξηση	άγνωστη
Μερική Πίεση Διοξειδίου του Άνθρακα (P_{CO₂}) *	αύξηση	μείωση	άγνωστη
Κορεσμός Οξυγόνου (SO₂) *	μείωση	μείωση?	άγνωστη
Τελο-αναπνευστική πίεση διοξειδίου του άνθρακα (P_{ET}CO₂)	αύξηση	μείωση	άγνωστη
Τελο-αναπνευστική πίεση οξυγόνου (P_{ET}O₂)	μείωση	αύξηση	άγνωστη
<i>Μεταβολικές</i>			
Κάλιο	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
pH αίματος *	μείωση	αύξηση	άγνωστη
Γαλακτικό αίματος (La_b)*	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
Οργανικά οξέα	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
BE (base/excess)*	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
Συνολικό διοξείδιο του άνθρακα (TCO₂)*	αύξηση	άγνωστη	άγνωστη
Διττανθρακικά (HCO₃)*	αύξηση	μείωση	άγνωστη
Hb, Hct	αύξηση, αύξηση	άγνωστη	άγνωστη

?: διφορούμενη, * Υποδηλώνει μεταβλητές οι οποίες θα αξιολογηθούν στην παρούσα έρευνα; MAP: μέση αρτηριακή πίεση, CO: καρδιακή παροχή, BE: η απαιτούμενη ποσότητα οξέως ή βάσεως για την οξεοβασική ισορροπία του αίματος, Hb: αιμοσφαιρίνη, Hct: αιματοκρίτης

1.4 Οριοθετήσεις – Περιορισμοί Έρευνας

Η μελέτη εστίασε σε υγιή άτομα και εξέτασε για πρώτη φορά τις φυσιολογικές αποκρίσεις κολυμβητών στην άπνοια με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό πριν και μετά από άσκηση. Ο σκοπός της μελέτης ήταν η προσομοίωση της εκκίνησης των αγώνων τριάθλου οι οποίοι διεξάγονται σε ανοικτή θάλασσα σε εργαστηριακό επίπεδο. Δεδομένου ότι η μελέτη αφορά βασική έρευνα, επιλέχθηκαν κολυμβητές ως δείγμα σκοπιμότητας, θεωρώντας ότι έχουν παρόμοια επίπεδα εξοικείωσης με το νερό και με συνθήκες άπνοιας όπως οι

τριαθλητές. Οι επιμέρους στόχοι αφορούσαν την καταγραφή των φυσιολογικών - αναπνευστικών, καρδιαγγειακών και βιοχημικών - αποκρίσεων των αθλητών. Η πειραματική διαδικασία συνιστούσε σύντομη άσκηση και απότομη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό. Επισημαίνεται ότι η μελέτη πραγματοποιήθηκε τις φυσιολογικές αποκρίσεις στην άπνοια με βύθιση μόνο του προσώπου σε κρύο νερό. Η βύθιση ολόκληρου του σώματος σε κρύο νερό συνιστά διαφορετική προσέγγιση η οποία δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τον διαθέσιμο εργαστηριακό εξοπλισμό.

Αναλυτικότερα, όπως εξηγείται πιο πάνω, για πρακτικούς λόγους, αντί για βύθιση ολόκληρου του σώματος υπήρξε μόνο βύθιση του προσώπου σε λεκάνη με κρύο νερό (10⁰ C) για 40 δευτ. και άπνοια μετά από ηρεμία για σκοπούς ελέγχου. Επιλέχθηκαν τα 40 δευτ. ως ο ελάχιστος χρόνος διάρκειας της άπνοιας κατά τον οποίο οι δοκιμαζόμενοι μπορούσαν να αντεπεξέλθουν εύκολα. Παράλληλα, 40 δευτερόλεπτα θεωρούνται αρκετά για την πλήρη εκδήλωση του ΚΑ αφού τα πρώτα 10 δευτ. αναμένεται ταχυκαρδία λόγω της έκθεσης στο κρύο νερό. Μετέπειτα ακολουθεί σταδιακή μείωση της ΚΣ λόγω ΚΑ και σταθεροποίηση της μετά από 30 δευτ. άπνοιας (Γελαδάς, 2008: 37). Η δεύτερη φάση της δοκιμασίας συνιστούσε άπνοια αφού είχε προηγηθεί σύντομη άσκηση. Οι δοκιμαζόμενοι περπάτησαν με αυξανόμενη ταχύτητα και κλίση ανά λεπτό σε δαπεδοεργόμετρο με μέγιστη επιβάρυνση στο 85% της VO₂max του καθενός. Η προοδευτικά αυξανόμενη επιβάρυνση, είχε σαν στόχο την προσομοίωση της εισόδου των τριαθλητών στο νερό αμέσως μετά το σήμα έναρξης των αγώνων.

Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 10 κολυμβητές οι οποίοι αποτέλεσαν ταυτόχρονα την πειραματική ομάδα (n=10) και την ομάδα ελέγχου (n=10) ανάλογα με τον πειραματικό χειρισμό στον οποίο υποβλήθηκαν σύμφωνα με τις προγραμματισμένες μετρήσεις. Οι συμμετέχοντες (άρρενες) είναι κολυμβητές εν ενεργεία και ηλικίας από 19 μέχρι 23 ετών. Επιπροσθέτως, όλοι οι δοκιμαζόμενοι ανεξαιρέτως έχουν μία πολύ καλή εξοικείωση με το νερό και τις συνθήκες άπνοιας χωρίς όμως ιδιαίτερη εξειδίκευση. Ένας μόνο αθλητής ασχολήθηκε για κάποιο διάστημα στο παρελθόν με τεχνική κολύμβηση ενώ άλλοι δύο μόνο ερασιτεχνικά με καταδύσεις. Συνεπώς, θεωρήθηκε ότι αυτά τα στοιχεία δεν απειλούν την ομοιογένεια του δείγματος ούτε και τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε κολυμβητές με παρόμοιο ηλικιακό εύρος και αθλητικό προφίλ. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, η διαθεσιμότητα του απαραίτητου εργαστηριακού εξοπλισμού καθώς και οικονομικοί λόγοι περιόρισαν όσον αφορά τις μεταβλητές οι οποίες επιλέχθηκαν για μέτρηση.

Τέλος, προκειμένου τα αποτελέσματα της μελέτης να είναι έγκυρα και αξιόπιστα: (α) οι συμμετέχοντες πρέπει να έχουν κατανοήσει πλήρως τις οδηγίες όσον αφορά τον τρόπο διεξαγωγής των μετρήσεων καθώς και τις δικές τους ενέργειες σε κάθε φάση των πειραματικών χειρισμών και (β) να διασφαλισθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των οργάνων μέτρησης μέσω των κατάλληλων βαθμονομήσεων σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών και να προσδιοριστεί κάθε πιθανό σφάλμα.

1.5 Διευκρίνιση όρων

1.5.1 Το “cold shock response”

Η βύθιση του ανθρώπινου οργανισμού σε κρύο νερό ενεργοποιεί άμεσα το “cold shock response” το οποίο επιδρά στην αναπνοή, στην καρδιακή λειτουργία αλλά και στη μυϊκή δύναμη (Jacobs, 2010). Παρόλο που η απότομη βύθιση σε

κρύο νερό δεν είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη σε υγιή άτομα, η αντανακλαστική απόκριση μπορεί να τα εμποδίσει στην προσπάθεια τους να κολυμπήσουν (Keatinge et al., 1969). Κατά την πρώτη φάση παρατηρείται αύξηση της καρδιακής συχνότητας αλλά και της αρτηριακής πίεσης σε απειλητικά επίπεδα. Η πρώτη φάση μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 3 λεπτά όμως, η κορύφωση του αντανακλαστικού παρατηρείται στα πρώτα 30 δευτερόλεπτα (Tipton, 1989). Ίσως η πιο ανησυχητική επίδραση του αντανακλαστικού είναι η γρήγορη και ανεξέλεγκτη αναπνοή η οποία συνοδεύεται από αίσθηση ασφυξίας δημιουργώντας κρίση πανικού. Αυτό μπορεί επίσης να προκαλέσει ζαλάδα, σύγχυση, αποπροσανατολισμό ακόμα και μειωμένο επίπεδο συνείδησης και επικοινωνίας με το περιβάλλον. Οι ενέργειες σε αυτή τη φάση είναι καθοριστικές όσον αφορά την εξέλιξη στις επόμενες φάσεις αλλά και την επιβίωση του πάσχοντα. Συνεπώς, η διατήρηση της κεφαλής έξω από το νερό είναι απαραίτητη για την αποφυγή πνιγμού καθώς και η ελαχιστοποίηση της παραμονής στο νερό για την αποφυγή υποθερμίας.

Ο Tipton (1989), αναφέρει ότι οι αναπνευστικές αποκρίσεις κατά την έκθεση στο κρύο είναι ίσως οι πιο απειλητικές ακόμα και σε υγιή άτομα. Συγκεκριμένα, η αύξηση του πνευμονικού αερισμού οδηγεί σε αλκάλωση και υποκαπνία και στη συνέχεια εγκεφαλική υποξία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατόπιση της καμπύλης αποκορεσμού οξυγόνου-αιμοσφαιρίνης προς τα αριστερά (επίδραση Bohr). Οι αλλαγές αυτές ίσως να είναι η κύρια αιτία απώλειας συνείδησης, σύγχυσης κλπ όπως αναφέρονται πιο πάνω. Επιπροσθέτως, το CSR έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της διάρκειας άπνοιας και τον κίνδυνο εισρόφησης νερού.

Οι ορμονικές αποκρίσεις στο cold shock είναι αμφισβητούμενες παρόλο που πιο πιθανή φαίνεται να είναι η αύξηση της νοραδρεναλίνης όχι όμως και της αδρεναλίνης. Αντίθετα η αύξηση του ρυθμού του μεταβολισμού είναι εμφανής και ξεκάθαρη πρώτον λόγω της αυξημένης μυϊκής τάσης αλλά και της κατανάλωσης οξυγόνου από το αναπνευστικό κατά τον υπεραερισμό.

Επισημαίνεται ότι στην παρούσα μελέτη υπάρχει μόνο βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό συνεπώς, η υποθερμία και οι κρίσεις πανικού δεν συνιστούν αναμενόμενες αντιδράσεις. Οι κύριες παράμετροι του CSR στην πρώτη φάση την οποία πραγματεύτηκε η παρούσα μελέτη αφορούν την αυξημένη καρδιακή συχνότητα και την αρτηριακή πίεση καθώς και αναπνευστικές παραμέτρους όπως ο πνευμονικός αερισμός. Αναφορικά με τις μεταβολικές παραμέτρους υποθέτεται ότι η αναπνευστική αλκάλωση λόγω της απόκρισης στο κρύο ίσως να «αναιρεί» την αναπνευστική οξέωση λόγω του καταδυτικού αντανακλαστικού (βλέπε επόμενη ενότητα).

1.5.2 Το Καταδυτικό Αντανακλαστικό

Το αντανακλαστικό κατάδυσης ή καταδυτικό αντανακλαστικό (ΚΑ) αρχικά εντοπίστηκε ως ένας άμεσος τρόπος μείωσης άγχους και πανικού με τη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό (υπερκοιλιακή ταχυκαρδία, Mathew, 1981). Αφορά την ενεργοποίηση του παρασυμπαθητικού και χαρακτηρίζεται από βραδυκαρδία, μεγάλη αύξηση της αρτηριακής πίεσης καθώς και έντονη συστολή στα περιφερειακά αγγεία (Γελαδάς, 2008). Το αντανακλαστικό αυτό ενεργεί ως αυτόματη απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού στην άπνοια και στη συνεπακόλουθη ανάγκη για εξοικονόμηση οξυγόνου ειδικότερα κατά την άσκηση (Andersson et al., 2002). Επιπροσθέτως, παρατηρούνται αλλαγές και στο αίμα όπως πτώση στο pH και αύξηση στο γαλακτικό, στο κάλιο και στο CO₂

(Dimsdale, 1977). Επισημαίνεται ότι η βύθιση του προσώπου στο νερό δεν είναι απαραίτητη για την ενεργοποίηση του αντανεκλαστικού όμως, επιδρά ως προς την ένταση εκδήλωσης του (Γελαδάς, 2008).

Το ΚΑ συναντάται σε όλα τα θηλαστικά και ειδικότερα σε αυτά του νερού όπως φώκιες, δελφίνια κλπ. Το εν λόγω αντανεκλαστικό βελτιστοποιεί την αναπνοή των θηλαστικών επιτρέποντας την παραμονή τους κάτω από το νερό για περισσότερο χρονικό διάστημα. Ενεργοποιείται (έντονα) με την άμεση βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό και ο μηχανισμός του λειτουργεί ως εξής: με τη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό οι υποδοχείς στη ρινική κοιλότητα οι οποίοι είναι ευαίσθητοι στο κρύο καθώς και άλλες περιοχές από τις οποίες διέρχεται το πέμπτο κρανιακό νεύρο παρέχουν άμεσα την πληροφορία στον εγκέφαλο. Στη συνέχεια προκαλείται βραδυκαρδία (με αντίστοιχη αύξηση της αρτηριακής πίεσης) και περιφερική αγγειοσυστολή (Alboni et al., 2011b). Συνεπώς, το αίμα φεύγει από την περιφέρεια και συγκεντρώνεται στην καρδιά και στον εγκέφαλο επιτρέποντας στο θηλαστικό την εξοικονόμηση οξυγόνου.

Στον άνθρωπο η απόκριση είναι λιγότερο έντονη και αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης σε συνθήκες άπνοιας στο νερό σε σχέση με την άπνοια στην ξηρά. Ο εγκεφαλικός φλοιός μετριάξει τις αποκρίσεις του ΚΑ στον άνθρωπο οι οποίες παρουσιάζουν ανομοιογένεια (Dimsdale, 1977). Υποστηρίζεται επίσης ότι το αντανεκλαστικό είναι ισχυρότερο στα παιδιά και αποδίδεται στο «πάγωμα» του αίματος κάτι αντίστοιχο με κατάσταση υποθερμίας (Lundgren & Ferrigno, 1985; Mackensen et. al., 2009). Επίσης, το αντανεκλαστικό ενεργοποιείται στον άνθρωπο με την είσοδο των άκρων σε κρύο νερό όμως, η απόκριση είναι εντονότερη αν γίνεται με ταυτόχρονη βύθιση του προσώπου (Γελαδάς, 2008). Ο Wolf (1967), υποστηρίζει ότι πανομοιότυπες αποκρίσεις με αυτές του ΚΑ παρατηρήθηκαν τόσο με απουσία του νερού όσο και χωρίς την έλλειψη οξυγόνου αλλά με συναισθηματικά φορτισμένες καταστάσεις ή απειλητικά γεγονότα. Αναφέρεται επίσης σε αποτελέσματα πειραμάτων σε ζώα όπου οι αρρυθμίες λόγω ΚΑ απομακρύνθηκαν με ατροπίνη ή με αναισθησία (βλέπε επίσης Alboni et al., 2011a).

Συμπερασματικά, οι κύριες καρδιαγγειακές παράμετροι του ΚΑ αφορούν τη πτώση της καρδιακής συχνότητας και την αύξηση της αρτηριακής πίεσης και της συνολικής περιφερικής αντίστασης. Οι αναπνευστικές μεταβολές συμπεριλαμβάνουν την αύξηση του ρυθμού αναπνοής, του πνευμονικού αερισμού και της κατανάλωσης οξυγόνου (βλέπε προηγούμενες ενότητες). Οι μεταβολικές παράμετροι συνιστούν την αύξηση στο γαλακτικό, στο κάλιο και στο CO₂ αίματος και αντίστοιχη πτώση στο pH αίματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με τις μελέτες αναφορικά με τις φυσιολογικές αποκρίσεις στο ψύχος - “cold shock response” και στην άπνοια (“dive reflex”). Έναυσμα της μελέτης αποτέλεσε η πρόσφατη δημοσίευση των Shattock & Tipton (2012), αναφορικά με τις πιθανά αρνητικές επιδράσεις της ταυτόχρονης ενεργοποίησης των δύο προαναφερθέντων αντιφατικών αντανακλαστικών. Η ανασκόπηση έγινε σε επιστημονικά άρθρα τα οποία εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφική βάση του Πανεπιστημίου Αθηνών SportDiscus αλλά και μέσω των μηχανών αναζήτησης Google scholar και PubMed με λέξεις κλειδιά *apnea*, *dive reflex*, *cold shock response*, *hypoxia*, *altitude*, *cold response*, *exercise* και *athletes*. Οι λέξεις κλειδιά προέκυψαν από τις πρώτες μελέτες οι οποίες εντοπίστηκαν χρησιμοποιώντας αρχικά *dive reflex*, *cold response* και *hypoxia*.

Το κεφάλαιο χωρίζεται στις ακόλουθες κεντρικές ενότητες: (α) το ψύχος, (β) το “cold shock response” και φυσιολογικές αποκρίσεις (γ) η υποξία (δ) το καταδυτικό αντανακλαστικό (“dive reflex”) και φυσιολογικές αποκρίσεις (ε) η υποξική προπόνηση και (στ) “cold shock response” και “dive reflex”. Το κεφάλαιο κλείνει με σύντομη περίληψη των ερευνών και συμπεράσματα.

2.1 Πόσο επικίνδυνο είναι το κρύο (ψύχος) στον ανθρώπινο οργανισμό;

Η έκθεση στο ψύχος αφορά δύο βασικές συνιστώσες: (α) έκθεση σε κρύο αέρα (χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος) και (β) βύθιση σε κρύο νερό. Και οι δύο παράγοντες αποτελούν απειλή για υποθερμία και διαταράσσουν την ομοιόσταση του σώματος (Wilmore & Costill, 2006:326). Όμως, το νερό έχει πιο άμεση επίδραση λόγω του ότι η θερμική του αγωγιμότητα είναι περίπου 26 φορές μεγαλύτερη από τον αέρα. Συγκεκριμένα, το σώμα παρουσιάζει απώλεια θερμότητας τέσσερις φορές πιο γρήγορα όταν είναι εκτεθειμένο σε κρύο νερό σε σχέση με κρύο αέρα της ίδιας θερμοκρασίας. Η παρατεταμένη έκθεση στο ψύχος (νερό ή αέρα) οδηγεί σε υποθερμία, δηλαδή πτώση της θερμοκρασίας του σώματος, ή ακόμα και σε θάνατο. Όταν η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος πέσει κάτω από τους 26⁰C τότε η ζωή του πάσχοντα απειλείται άμεσα. Επισημαίνεται ότι όταν η θερμοκρασία του σώματος πέσει κάτω από τους 34,5⁰C, τότε ο υποθάλαμος αρχίζει να χάνει την ικανότητα του για θερμορύθμιση η οποία σταματά εντελώς στους 29,5⁰C. Οι μεταβολικές αντιδράσεις μειώνονται κατά το ήμισυ ανά 10⁰C πτώσης στη θερμοκρασία του σώματος (Wilmore & Costill, 2006:331). Αυτό έχει σαν επακόλουθο την πρόκληση ζαλάδων ή ακόμα και την πιθανότητα ο πάσχον να πέσει σε κώμα. Ο θάνατος λόγω υποθερμίας επέρχεται με καρδιακή ανακοπή ενώ το αναπνευστικό είναι ακόμα σε λειτουργία. Συγκεκριμένα, το ψύχος επηρεάζει το φλεβόκομβο προκαλώντας βραδυκαρδία και στη συνέχεια ανακοπή της καρδιάς. Επιπροσθέτως, το ψύχος προκαλεί αγγειοσυστολή στην περιφέρεια αλλά και μειωμένο ρυθμό αναπνοής και όγκου εισπνεόμενου αέρα. Οι ορμονικές αποκρίσεις στο ψύχος, αφορούν τις εκκρίσεις των νευροδιαβιβαστών γλουταμίνη και ντοπαμίνη (Giesbrecht, 2000).

Έρευνες σε θηλαστικά κατέδειξαν ότι η επίδραση του ψύχους αφορά μεταβολές στη σύνθεση λιπιδίων στην κυτταρική μεμβράνη. Επίσης, το ψύχος

προκαλεί καταστολή στο ρυθμό πρωτεϊνσύνθεσης και συνεπώς στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων (Fujita, 1999). Τα κύτταρα των θηλαστικών είναι μεταβολικά ενεργά στους 32⁰C και μπορούν να αντιδράσουν και να επιβιώσουν σε συνθήκες στρες με διαφορετικούς τρόπους από αυτούς σε 37 ⁰C. Για παράδειγμα, σε επίπεδα ήπιας υποθερμίας (32⁰C) παρατηρήθηκε η πρωτεΐνη CIRP, η οποία δεσμεύει το RNA. Η εν λόγω πρωτεΐνη αντιπροσωπεύει την πρώτη η οποία έχει εντοπισθεί σε θηλαστικά που δεν αποκαθιστάται στους 37 ⁰C.

Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της υποθερμίας αφορούν σοβαρά προβλήματα όπως αναπνευστική απόφραξη, καρδιακή ανεπάρκεια και μολύνσεις (Wassmann et al., 1998). Απαιτείται περαιτέρω έρευνα σε μοριακό επίπεδο όσον αφορά τα ποικίλα γονίδια τα οποία ενεργοποιούνται κατά την απόκριση στο ψύχος. Οι επιπτώσεις του ψύχους σε μοριακό επίπεδο αν και παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον δεν εμπίπτουν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Αναγνωρίζεται όμως η σπουδαιότητα αυτής της προσέγγισης και εντοπίζεται αυτό το πεδίο ως άκρως απαραίτητο για την κατανόηση και την επεξήγηση της επίδρασης του ψύχους στον άνθρωπο.

Το ψύχος ενεργοποιεί αποκρίσεις σε όλα τα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού (καρδιαγγειακό, μεταβολικό, ορμονικό κλπ). Επιπροσθέτως, η άσκηση με έκθεση στο ψύχος αποδυναμώνει τους μύες και η κόπωση επέρχεται γρηγορότερα ενώ ο ασκούμενος είναι πιο επιρρεπής στην υποθερμία. Ακόμα, η έκθεση στο κρύο εμποδίζει την κινητοποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων (ΕΛΟ) λόγω αγγειοσυστολής στην περιφέρεια. Η βιβλιογραφία παρουσιάζει κενά όσον αφορά τη ορμονική ρύθμιση του μεταβολισμού κατά την άσκηση σε ψυχρό περιβάλλον.

Συμπερασματικά, η παρατεταμένη έκθεση στο ψύχος τόσο σε ηρεμία όσο και κατά τη διάρκεια άσκησης αφορά σημαντική απειλή για την υγεία του ανθρώπου. Απαιτείται ορθή και άμεση αντιμετώπιση του ψύχους για την αποφυγή της υποθερμίας. Επισημαίνεται όμως ότι, η επανειλημμένη έκθεση στο ψύχος μπορεί να προκαλέσει είτε *εξοικείωση*, είτε αυξημένες μεταβολικές ή «μονωτικές» αλλαγές οι οποίες οδηγούν σε μεγαλύτερη ανοχή σε αυτό (Wilmore et al., 2008). Επανειλημμένες βυθίσεις σε κρύο νερό (σε εργαστηριακό επίπεδο) κατέδειξαν προσαρμογές με λιγότερο έντονες αποκρίσεις ή ακόμα και αποκρίσεις παρόμοιες με αυτές σε θερμο-ουδέτερες θερμοκρασίες (Keatinge & Evans, 1961). Οι Golden & Tipton (1988), αναφέρονται αναλυτικότερα σε τρεις διαφορετικές διαδικασίας προσαρμογής του ανθρώπινου σώματος στο ψύχος. Συγκεκριμένα, η *μεταβολική προσαρμογή* αφορά υψηλότερες αλλαγές στο μεταβολισμό των ατόμων τα οποία είναι εξοικειωμένα στο ψύχος. Δεύτερον, η *μονωτική* όπου ενώ η θερμοκρασία του δέρματος μειώνεται, δεν παρατηρείται πτώση ούτε στη θερμοκρασία πυρήνα αλλά ούτε και αλλαγές στο ρυθμό του μεταβολισμού. Τέλος, η *υποθερμική προσαρμογή* συνιστά υψηλότερη μεν πτώση στη θερμοκρασία πυρήνα, μικρότερη δε μεταβολική απόκριση μετά από εξοικείωση (βλέπε πίνακα 2.1). Παρά ταύτα, δεν είναι ξεκάθαρο κατά πόσο ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να προσαρμοστεί στο κρύο και αυτό οφείλεται κυρίως σε μεθοδολογικά προβλήματα των διαφόρων ερευνών. Ο παράγοντας φυσική κατάσταση, περιπλέκει επιπλέον τα ερευνητικά αποτελέσματα καθώς και η επανειλημμένη έκθεση στο κρύο κατά την άσκηση (Golden & Tipton, 1987).

Πίνακας 2.1. Μεταβολικές, μονωτικές και υποθερμικές προσαρμογές του ανθρώπινου οργανισμού στο ψύχος ως προς το μεταβολισμό, τη θερμοκρασία του δέρματος και τη θερμοκρασία πυρήνα.

Μεταβλητές	Μεταβολικές	Μονωτικές	Υποθερμικές
Μεταβολισμός	μεγαλύτερη αύξηση	μη σημαντική αλλαγή	μικρότερη μείωση
Θερμοκρασία Δέρματος	μη σημαντική αλλαγή	Μείωση	μη σημαντική αλλαγή
Θερμοκρασία Πυρήνα	μη σημαντική αλλαγή	μη σημαντική αλλαγή	μεγαλύτερη μείωση

Η σύντομη έκθεση στο ψύχος, όπως για παράδειγμα η βύθιση σε παγωμένο νερό δεν συνιστά απειλή σε υγιή άτομα. Όμως, ασθενείς με υπέρταση ή πάσχοντες από νόσους της στεφανιαίας αρτηρίας θα πρέπει να την αποφεύγουν. Η απότομη αύξηση στην αρτηριακή πίεση δύναται να προκαλέσει ρήξη αγγείων σε υπερτασικούς ή σε ασθενείς με ανεύρυσμα. Οι τελευταίοι διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο καθότι συνήθως δεν γνωρίζουν την κατάσταση τους (Tipton, 1989).

Στην παρούσα μελέτη, εξετάστηκε η πιθανή επίδραση του κρύου νερού με σύντομη (40 δευτερολέπτων) βύθιση του προσώπου σε υγιή άτομα (αθλητές) επικεντρώνοντας τις μετρήσεις σε αναπνευστικές όπως για παράδειγμα τον πνευμονικό αερισμό, μεταβολικές π.χ. οξειδωση/αλκάλωση αίματος και καρδιαγγειακές παραμέτρους όπως την καρδιακή συχνότητα. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι οι υπόλοιπες παράμετροι π.χ. ορμονικές δεν είναι εξίσου σημαντικές.

2.1.1 Το ψύχος και το “cold shock response”

Το νερό έχει υψηλότερη θερμική ικανότητα σε σχέση με τον αέρα αφού ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του είναι σύμφωνα με τους Toner & McArdle (1996), 25 φορές μεγαλύτερος. Αυτό συνεπάγεται ότι η έκθεση σε κρύο νερό έχει ταχύτερη επίδραση στη θερμοκρασία του σώματος σε σχέση με την έκθεση σε ίδια θερμοκρασία στον αέρα. Οι φυσιολογικές αποκρίσεις κατά τη βύθιση σε κρύο νερό και συγκεκριμένα το cold shock response κορυφώνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες αυτές δεν έχουν προσδιοριστεί επακριβώς εφόσον επηρεάζονται από ποικίλους παράγοντες. Για παράδειγμα, ερευνητές αναφέρουν παρόμοιες αποκρίσεις σε θερμοκρασίες 0⁰, 5⁰, 15⁰C (βλέπε Tipton, 1989). Στις επόμενες ενότητες εξετάζονται οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού κατά την έκθεση του στο ψύχος.

2.1.1.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και απόκριση στο ψύχος

Ποικίλοι ανθρωπομετρικοί παράγοντες τροποποιούν την απόκριση στο ψύχος επηρεάζοντας άμεσα το θερμορυθμιστικό σύστημα. Σύμφωνα με τους Sawka & Young (2006), άτομα με δείκτη σωματικής επιφάνειας ως προς τη σωματική μάζα μικρότερο (3,5) παρουσιάζουν μεγαλύτερη πτώση στη θερμοκρασία σώματος κατά την έκθεσή τους σε ψύχος, σε σχέση με αυτά με υψηλότερο δείκτη. Επιπροσθέτως, το ποσοστό σωματικού λίπους αποτελεί ένα καλό δείκτη ικανότητας διατήρησης θερμότητας κατά την έκθεση στο κρύο. Διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα δεδομένου ίσου ποσοστού σωματικού λίπους, αποδίδονται σε διαφορές στη συνολική σωματική μάζα και στη ροή θερμότητας. Το μικρότερο ποσοστό άλιπης σωματικής μάζας περιορίζει την ικανότητα στις γυναίκες για μέγιστη θερμορυθμιστική απόκριση. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων όπως σωματικό ύψος, σωματικό βάρος και

το ποσοστό σωματικού λίπους αποτελούν ανεξάρτητες μη ελεγχόμενες μεταβλητές στην παρούσα έρευνα παρόλο που η βύθιση αφορά μόνο το πρόσωπο.

2.1.1.2 Άσκηση, φυσική κατάσταση και απόκριση στο ψύχος

Οι έρευνες μέχρι σήμερα δεν έχουν δείξει ουσιαστικές επιδράσεις της άσκησης ή/και της φυσικής κατάστασης στη θερμορρυθμιστική απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού στο κρύο. Υποστηρίζεται ότι, οι επιδράσεις της άσκησης στη θερμορρυθμιστική λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού είναι έμμεσες και αφορούν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά π.χ. σύσταση σώματος. Το κύριο θερμορρυθμιστικό πλεονέκτημα το οποίο παρουσιάζουν άτομα με καλύτερη φυσική κατάσταση, αφορά την ικανότητα τους να προπονούνται σε υψηλότερες εντάσεις για μεγαλύτερη διάρκεια κατά την έκθεση στο ψύχος. Εμφανίζουν δηλαδή περισσότερη μεταβολική παραγωγή θερμότητας. Η ικανότητα αυτή ενισχύεται τόσο με την αερόβια άσκηση όσο και με την άσκηση με αντιστάσεις (ACSM, 2006: 556).

Το ψύχος μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου με αποτέλεσμα να περιορίζεται η μέγιστη καρδιακή παροχή και συνεπώς να παρατηρείται μείωση στη μέγιστη αερόβια δύναμη. Επιπροσθέτως, η μειωμένη συσταλτικότητα των σκελετικών μυών λόγω ψύξης οδηγεί σε χαμηλότερες απαιτήσεις οξυγόνου και χαμηλότερη αερόβια δύναμη. Συνθήκες οι οποίες μειώνουν τη θερμοκρασία του πυρήνα κατά λιγότερο ή ίσο με 0,5 °C, δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές αρνητικές επιδράσεις στην μέγιστη αερόβια δύναμη (ACSM, 2006: 557).

Η βύθιση σε κρύο νερό αυξάνει το ρυθμό του μεταβολισμού πιθανότατα λόγω της έντασης στο μυϊκό σύστημα κατά την έκθεση στο ψύχος καθώς και από την αύξηση χρήσης οξυγόνου λόγω υπεραερισμού (Tipton, 1989). Η ήπια άσκηση στα πρώτα λεπτά της βύθισης δεν εμποδίζει τον υπεραερισμό ο οποίος προκαλείται από το cold shock response ούτε την μείωση στην τελo-αναπνευστική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα. Αντίθετα σε άσκηση μέτριας ή μέγιστης έντασης το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να ανατραπεί και να υπάρξει υπεράπνοια η οποία δεν παρουσιάζει τα αρνητικά χαρακτηριστικά του υπεραερισμού όπως διαταραχές στην όραση, «μυρμήγκιασμα», ελαφρύ πονοκέφαλο κλπ. (Keatinge & Evans, 1961).

Το cold shock response υποχωρεί μετά από 2 -3 λεπτά αφού παρατηρείται επιστροφή των φυσιολογικών παραμέτρων στα επίπεδα προ-βύθισης. Η αναπνευστική απόκριση κορυφώνεται μέσα στα πρώτα 30 δευτ. και μειώνεται από το 3-5 λεπτό στο διπλάσιο σε σχέση με τα επίπεδα πριν από τη βύθιση. Η δυναμική φάση της μεταβολικής απόκρισης ολοκληρώνεται περίπου στο τρίτο λεπτό της βύθισης. Αυτή η «αποχώρηση» θεωρείται ότι οφείλεται στην εξοικείωση των περιφερικών υποδοχέων αλλά και στο αντανακλαστικό τασεοευαισθησίας (*baroreceptor*) λόγω αύξησης της αρτηριακής πίεσης (Frey et al., 1980; Tipton, 1989).

Η φυσική κατάσταση και οι θερμορρυθμιστικές αποκρίσεις κατά την έκθεση στο κρύο/ψύχος συνιστούν μια ερευνητική περιοχή η οποία αναφέρεται από αρκετούς συγγραφείς (Adams & Herberling, 1958; Baum et al., 1976; Jacobs et al, 1984). Όμως, η έκθεση σε κρύο νερό και ειδικότερα το cold shock response αφορά ένα πεδίο το οποίο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης (Tipton, 1989). Για παράδειγμα, οι Golden & Tipton (1987), δηλώνουν αρνητική συσχέτιση αναφορικά με το επίπεδο φυσικής κατάστασης και τις αποκρίσεις στο cold shock response κατά την άσκηση. Ο μηχανισμός ο οποίος είναι υπεύθυνος για αυτή την

προσαρμογή δεν έχει διευκρινιστεί παρόλο που πιστεύεται ότι αεροβική προπόνηση αλλάζει τα επίπεδα ομοιόστασης του συμπαθητικού και του παρασυμπαθητικού.

Ο παράγοντας φυσική κατάσταση των δοκιμαζομένων υπολογίστηκε με δοκιμασία αξιολόγησης της VO₂max σε δαπεδοεργόμετρο. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και η φυσική κατάσταση των δοκιμαζομένων αποτέλεσαν ανεξάρτητες (μη ελεγχόμενες) μεταβλητές. Αντίθετα, η άσκηση και η κατάσταση ηρεμίας, αποτέλεσαν συνθήκες διεξαγωγής των πειραματικών χειρισμών και συνεπώς ελεγχόμενες ανεξάρτητες μεταβλητές.

2.1.2 Έκθεση στο ψύχος και φυσιολογικές αποκρίσεις

Η απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού στην έκθεση στο ψύχος ορίζεται στη βιβλιογραφία ως *cold shock response- CSR* (Tipton, 1989). Οι καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές αποκρίσεις κατά την έκθεση του ανθρώπου στο ψύχος παρουσιάζονται στις ενότητες που ακολουθούν.

2.1.2.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στο ψύχος

Οι καρδιαγγειακές αποκρίσεις συνιστούν αρχικά ταχυκαρδία (2-3 δευτερόλεπτα), αύξηση της καρδιακής παροχής και περιφερική αγγειοσυστολή. Αυτές οι αλλαγές επιφέρουν αύξηση στην αρτηριακή πίεση η οποία κορυφώνεται στα πρώτα 30 δευτερόλεπτα ενώ η μεγάλη επιβάρυνση στην καρδιά πιθανόν να προκαλέσει αρρυθμίες. Παρόλα αυτά, η έκθεση στο ψύχος δεν αποτελεί κίνδυνο για υγιή άτομα (Tipton, 1989).

2.1.2.2 Αναπνευστικές αποκρίσεις στο ψύχος

Η βύθιση σε κρύο νερό με το κεφάλι έξω επιφέρει μεγάλες αυξήσεις στον αερισμό οι οποίες κυμαίνονται από 600% μέχρι και 1000% (Tipton & Golden, 1987). Ο επικείμενος κίνδυνος είναι η αναπνευστική αλκάλωση και η υποκαπνία. Οι σημαντικές πτώσεις στις μερικές πιέσεις του διοξειδίου του άνθρακα στις κυψελίδες και στις αρτηρίες φτάνουν στο μέγιστο σε 15 δευτερόλεπτα. Αυτό επιφέρει υποκαπνία στα αισθητικά και κινητικά νεύρα μειώνοντας το κατώφλι ενεργοποίησης τους. Επιπροσθέτως, έχει παρατηρηθεί μετατόπιση της καμπύλης αποκορεσμού της αιμοσφαιρίνης προς τα αριστερά – η επίδραση Bohr, μειωμένη αιματική ροή στον εγκέφαλο και υποξία. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ελαφριά ζαλάδα και αποπροσανατολισμός. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η σοβαρότερη επίπτωση της έκθεσης σε κρύο νερό είναι η απώλεια ελέγχου της αναπνοής και η μεγάλη μείωση στη μέγιστη διάρκεια άπνοιας (Hayward et al., 1984; Jay & White, 2006; Jay et al., 2007; Keatinge & Nadel, 1965; Tipton & Vincent, 1989). Οι επιδράσεις της βύθισης στο κρύο νερό μπορεί ακόμα να οδηγήσουν σε ανακοπή, αρρυθμίες ή και πνιγμό σε επιρρεπή άτομα (Giesbrecht, 2000). Τα ευρήματα αυτά έχουν άμεση εφαρμογή σε οδηγίες για ναυαγούς και τρόπους επιβίωσης αυτών (Keatinge et al., 1969).

2.1.2.3 Μεταβολικές αποκρίσεις στο ψύχος

Η κύρια απόκριση στο ψύχος συνίσταται στην αύξηση του μεταβολισμού και κατά συνέπεια στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα «αναιρώντας» εν μέρει, την υποκαπνία λόγω υπεραερισμού (Keatinge & Evans, 1961; Coopers et al., 1976). Αυτό όμως πιθανόν να προκαλέσει περαιτέρω καρδιακές αρρυθμίες λόγω της αυξημένης επιβάρυνσης στην καρδιά.

2.1.2.4 Ορμονικές αποκρίσεις στο ψύχος

Υπάρχει διχογνωμία όσον αφορά την άμεση ορμονική απόκριση σε ολιγόλεπτη έκθεση στο κρύο (Johnson et al., 1977; Keatinge et al., 1964). Αυτό πιθανόν να οφείλεται σε μεθοδολογικά προβλήματα. Όμως, είναι πιθανή η αύξηση της νοραδρεναλίνης στο πλάσμα λόγω ενεργοποίησης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος ενώ η αύξηση της αδρεναλίνης είναι αμφισβητήσιμη.

2.2 Υποξία – βασικές έννοιες

Κατά τη διακοπή της αναπνοής (άπνοια) υπάρχει αντιστροφή στην κατεύθυνση διάχυσης του CO₂ από τους πνεύμονες στο αίμα λόγω μείωσης της P_{O₂} στον εισπνεόμενο αέρα και αύξησης στην κυψελιδική P_{CO₂} αναλογικά γρηγορότερη από την P_{CO₂} στο μικτό φλεβικό αίμα (Γελαδάς, 2008). Στη συνέχεια ενεργοποιούνται οι περιφερικοί χημειο-υποδοχείς (καρωτιδικά κυρίως και αορτικά σωματίδια), είτε από τη μείωση της P_{O₂} είτε από την αύξηση στη συγκέντρωση H⁺. Αυτοί μετέπειτα ενεργοποιούν αποκρίσεις για τη διατήρηση της ομοιόστασης κατά την υποξαιμία τόσο σε υγιή άτομα π.χ. έκθεση σε υψόμετρο, όσο και σε νοσούντες π.χ. με καρδιακή ανεπάρκεια (Prabhakar & Peng, 2004). Η πιο άμεση απόκριση των περιφερικών χημειο-υποδοχέων είναι εμφανής σε επαναλαμβανόμενες άπνοιες για αποκατάσταση της έλλειψης οξυγόνου.

Όπως έχει προαναφερθεί, η μειωμένη P_{O₂} ενεργοποιεί τους περιφερικούς χημειουποδοχείς στο αορτικό τόξο και στις καρωτιδικές αρτηρίες οι οποίοι δίνουν σήμα στον εγκέφαλο για τη διατάραξη της ομοιόστασης του οξυγόνου. Αυτό οδηγεί σε αύξηση του ρυθμού αναπνοής αλλά και στον αναπνεόμενο όγκο. Παρατηρείται μείωση του CO₂ στις κυψελίδες αφού η μερική πίεση του στο αίμα αυξάνεται και συνεπώς αυξάνεται και η διάχυση του στους πνεύμονες όπου και εκπνέεται. Η μειωμένη P_{O₂} δεν επηρεάζει άμεσα την P_{CO₂} στις κυψελίδες όμως, επιδρά στην αύξηση του αερισμού με αποτέλεσμα τη μείωση της P_{CO₂} (Vander et al., 2001: 642). Η μείωση της P_{CO₂} στο αίμα και η αύξηση του pH ορίζεται ως «αναπνευστική αλκάλωση» (Wilmore et al., 2008:282). Η αλκάλωση αρχικά προκαλεί μετάθεση της καμπύλης αποκορεσμού οξυαιμοσφαιρίνης προς τα αριστερά. Αυτό συνεπάγεται λιγότερο ποσοστό κορεσμού αιμοσφαιρίνης με οξυγόνο το οποίο όμως αντισταθμίζεται με την αύξηση του pH στο αίμα λόγω αλκάλωσης. Αυτό επίσης βοηθά στην ελαχιστοποίηση της αύξησης αερισμού κάτι όμως το οποίο ισοσταθμίζεται με την επίδραση της υποξίας (P_{O₂}). Μετά από μερικές ώρες παραμονής σε υψόμετρο (περίπου 4,500 μ) η καμπύλη μετατίθεται και πάλι προς τα δεξιά λόγω αύξησης της 2,3-DPG (ACSM, 2006: 567). Η ουσία αυτή παρεμποδίζει τη δέσμευση του οξυγόνου με την αιμοσφαιρίνη απελευθερώνοντας το στους ιστούς. Επιπροσθέτως, λόγω αλκάλωσης τα νεφρά εκκρίνουν περισσότερα διττανθρακικά ιόντα τα οποία μειώνουν τη ρυθμιστική ικανότητα του αίματος με αποτέλεσμα να παραμένουν περισσότερα οξέα στο αίμα και η αλκάλωση να αναιρείται (Wilmore et al., 2008:283).

Με βάση τις προαναφερθείσες αρχές της φυσιολογίας όσον αφορά την υποξία στον ανθρώπινο οργανισμό, πέρα από τις μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων στο αρτηριακό αίμα, εντοπίζονται οι εξής κύριες παράμετροι ως δείκτες υποξίας: το CO₂ αίματος και το pH αίματος. Επιμέρους παράμετροι αφορούν την αλκαλικότητα-οξύτητα του αίματος (BE – base excess) και τα διττανθρακικά (HCO₃). Οι παράμετροι αυτοί εξετάστηκαν και αποτέλεσαν εξαρτημένες μεταβλητές στην παρούσα μελέτη.

2.2.1 Τι είναι η υποξία και πώς μπορεί να επηρεάσει τον ανθρώπινο οργανισμό;

Η υποξία ορίζεται ως η έλλειψη οξυγόνου λόγω πτώσης της μερικής πίεσης οξυγόνου (P_{O_2}) στον αέρα του περιβάλλοντος είτε λόγω μείωσης της βαρομετρικής πίεσης (P_b), είτε λόγω μείωσης στη συγκέντρωση οξυγόνου (Mazzeo & Fulco, (2006). Για παράδειγμα, το υψόμετρο συνιστά υποβαρικό περιβάλλον ($P_b < 760$ mmHg) λόγω της μειωμένης μερικής πίεσης του O_2 (P_{O_2}) και συνεπώς, υποξικό περιβάλλον. Σύμφωνα με το νόμο του Boyle, σε σταθερή θερμοκρασία, ο όγκος κάθε αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογος με την πίεση του. Συνεπώς, όσο αυξάνεται το υψόμετρο, ο όγκος των αερίων αυξάνεται λόγω μείωσης στη βαρομετρική πίεση και κατ' επέκταση στη μερική τους πίεση. Αυτό συνεπάγεται λιγότερο οξυγόνο ανά λίτρο αέρα παρόλο που οι αναλογίες των αερίων παραμένουν σταθερές. Επισημαίνεται ο νόμος του Dalton όπου σε ένα μίγμα αερίων, η πίεση που ασκεί το κάθε αέριο είναι ανεξάρτητη από αυτή των υπολοίπων. Έτσι, η συνολική πίεση του μίγματος αερίων, είναι ίση με το άθροισμα των μερικών πιέσεων των αντίστοιχων αερίων που το συνιστούν.

Η μειωμένη P_{O_2} περιορίζει την παρουσία οξυγόνου στους πνεύμονες και τη διάχυση του από τους πνεύμονες στην αρτηριακή κυκλοφορία και στους ιστούς. Το αποτέλεσμα είναι η ανεπάρκεια οξυγόνου ή αλλιώς *υποξία*. Όμως, είναι πιθανό κάποιος να είναι σε κατάσταση υποξίας αλλά η μερική πίεση οξυγόνου (P_{O_2}) να είναι υψηλή (βλέπε πιο πάνω).

Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος *υποξαιμία* ως ισότιμος με την *υποξία* - αυτό όμως είναι λάθος. Η υποξαιμία αφορά τη χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα. Επιπροσθέτως, η υποξαιμία αποτελεί αίτιο πρόκλησης υποξίας. Υγιή άτομα βιώνουν συνθήκες υποξίας όταν βρίσκονται σε υψόμετρο ή όταν εισπνέουν μίγμα αερίων με χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου π.χ. οι δύτες (Wilmore & Costill, 2006:338).

Μπορεί να γίνει προσομοίωση συνθηκών υποξίας στο επίπεδο της θάλασσας ($P_b = 760$ mmHg) με αυτές στην κορυφή ενός βουνού σε υψόμετρο π.χ. 4,300μ ($P_b = 460$ mmHg). Ενώ η αναλογία του οξυγόνου στον αέρα παραμένει η ίδια (O_2 20,93%) χρησιμοποιώντας αέριο με αναλογία οξυγόνου μόνο 12,67% ($460 \times 20,93\% / 760 = 12,67$) αυτό καθιστά το αντίστοιχο επίπεδο υποξίας σε υψόμετρο 4,500μ. Το γεγονός ότι και οι δύο συνθήκες (υψόμετρο και αέριο με χαμηλό ποσοστό οξυγόνου) δίνουν το ίδιο υποξικό ερέθισμα, είναι υψίστης σημασίας για ερευνητικούς ή προπονητικούς σκοπούς κλπ. π.χ. υποξικά δωμάτια. Σε ζώα με ανοχή στην υποξία, το κλειδί φαίνεται να αφορά τη διατήρηση χαμηλής διαπερατότητας στην κυτταρική μεμβράνη ως την πιο αποτελεσματική στρατηγική (Hochachka 1986). Η κλινική εφαρμογή αυτής της στρατηγικής δεν είναι εύκολη αφού καταστέλλει το μεταβολισμό και διαταράσσει τη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης.

Η διατάραξη της ομοιόστασης λόγω υποξίας ενεργοποιεί αναπνευστικές αποκρίσεις αλλά και προσαρμογές στο καρδιαγγειακό, στο μεταβολικό και στο ενδοκρινικό σύστημα οι οποίες αναλύονται στις ενότητες που ακολουθούν. Η υποξία αφορά τη δεύτερη συνθήκη η οποία επίσης αποτελεί το αντικείμενο αυτής της μελέτης. Όπως και για την επίδραση του ψύχους, η υποξία εξετάζεται μέσω των αναπνευστικών, καρδιαγγειακών και μεταβολικών αποκρίσεων.

2.2.1.1 Καρδιαγγειακές προσαρμογές στην υποξία

Η παραμονή σε συνθήκες υποξίας για μία ώρα επιφέρει αύξηση στην καρδιακή συχνότητα και συνεπώς και στην καρδιακή παροχή αντισταθμίζοντας

το μειωμένο οξυγόνο στο αίμα (ACSM, 2006: 567). Η αύξηση στην καρδιακή συχνότητα οφείλεται στους β-αδρενεργικούς υποδοχείς των καρδιακών νεύρων και στην επινεφρίνη. Οι δύο αυτές παράμετροι διερευνώνται εκτενέστερα παρακάτω.

Η παραμονή σε υψόμετρο για μερικές εβδομάδες οδηγεί στη μείωση του όγκου πλάσματος και συνεπώς στην αύξηση της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη. Ουσιαστικά, από την πρώτη ημέρα παραμονής σε υψόμετρο παρατηρείται αύξηση στην EPO και συνεπώς στην παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων η οποία διατηρείται για εβδομάδες αν παραμείνει κανείς σε υψόμετρο (Wilmore et al., 2008:284). Αυτό θεωρείται ότι έχει προπονητικές επιδράσεις κυρίως όσον αφορά αθλητές αντοχής (βλέπε επόμενες ενότητες).

2.2.1.2 Υποξία και Αναπνευστικές Επιδράσεις

Γενικά, σε χαμηλότερα υψόμετρα ($0-1,499\mu$, $P_b = 760 \text{ mmHg} - 635 \text{ mmHg}$), ο κορεσμός του αρτηριακού αίματος με οξυγόνο σε ηρεμία (SaO_2), διατηρείται σε καλό επίπεδο παρουσιάζοντας ελάχιστο στρες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Με δεδομένη την P_{O_2} , ο βαθμός κορεσμού της αιμοσφαιρίνης επηρεάζεται από τη συγκέντρωση H^+ , τη θερμοκρασία και την 2-3DPG (Vander et. al., 2001: 650). Η μείωση του SaO_2 σε ηρεμία, είναι ανάλογη με το υψόμετρο (ή τη βαρομετρική πίεση). Για παράδειγμα, σε υψόμετρο παρατηρείται αύξηση στην επινεφρίνη πλάσματος η οποία αρχίζει να μειώνεται όταν επέλθει εγκλιματισμός και κατά συνέπεια αύξηση του κορεσμού οξυγόνου (SaO_2).

Όμως, κατά την άσκηση σε υψόμετρο, ο κορεσμός οξυγόνου μειώνεται περαιτέρω τόσο ανάλογα με το υψόμετρο όσο και με την ένταση της άσκησης. Η απορρόφηση οξυγόνου από τους ιστούς (λόγω αύξησης της αρτηριοφλεβικής διαφοράς σε οξυγόνο) στο ίδιο έργο είναι μεγαλύτερη κατά τη δυναμική άσκηση μετά από παραμονή σε υψόμετρο (περίπου 1 εβδομάδα) σε σύγκριση με το επίπεδο θαλάσσης. Συνεπώς, επισημαίνεται ότι η δυναμική άσκηση σε συνδυασμό με συνθήκες υποξίας, επιφέρει περαιτέρω αλλαγές όσον αφορά τον κορεσμό οξυγόνου και στην αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου. Ο κορεσμός οξυγόνου στο αίμα σε ηρεμία και αμέσως μετά την άσκηση σε συνθήκες υποξίας εξετάζονται περαιτέρω στην παρούσα μελέτη.

2.2.1.3 Υποξία και Μεταβολικές Επιδράσεις -το «γαλακτικό παράδοξο»

Η σχέση υψόμετρου και άσκησης χαρακτηρίζεται από το «γαλακτικό παράδοξο». Κατά τη διάρκεια άσκησης σε υψόμετρο αποσπάται περισσότερο γαλακτικό από το αίμα σε σχέση με αυτό στο επίπεδο θαλάσσης για το ίδιο έργο. Το παράδοξο έγκειται στο γεγονός ότι μετά τον εγκλιματισμό το γαλακτικό αίματος είναι χαμηλότερο. Αυτό όμως δεν μπορεί να αποδοθεί στην καλύτερη κυκλοφορία και χρήση οξυγόνου από τους εργαζόμενους μυς. Παρά τις συνθήκες υποξίας, το γαλακτικό αίματος σε μέγιστη προσπάθεια είναι χαμηλότερο από αυτό στο επίπεδο θαλάσσης. Οι λόγοι που οδηγούν σε αυτό το παράδοξο δεν έχουν ακόμα διευκρινιστεί (Wilmore & Costill, 2006:345). Το φαινόμενο είναι παροδικό και αντιστρέφεται μετά από παραμονή σε συνθήκες υψηλής υποξίας για διάστημα πέραν των 6 εβδομάδων (Lundby et al, 2000).

Μια θεωρία υποστηρίζει ότι το παράδοξο σχετίζεται με ορμονικές ρυθμίσεις στη γλυκογονόλυση των μυών μέσω αύξησης της επινεφρίνης ενώ άλλη, με τη συγκέντρωση ασβεστίου ενδοκυτταρικά και τη ρύθμιση της γλυκόλυσης από την ATP. Η δεύτερη θεωρία επεξηγεί επίσης και την αύξηση του

γαλακτικού κατά την άσκηση ακόμα μετά και από τον εγκλιματισμό όπου τα επίπεδα επινεφρίνης έχουν μειωθεί σημαντικά. Μια στενότερη σύζευξη μεταξύ της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης και της έκλυσης της γλυκόλυσης ίσως εξηγεί το χαμηλότερο επίπεδο γαλακτικού μετά τον εγκλιματισμό (Witkowski & Zhang, 2002). Περαιτέρω έρευνα πρέπει να εξετάσει τα επίπεδα γαλακτικού κατά την άσκηση σε συνθήκες υποξίας και μη, υποθέτοντας ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Επιπροσθέτως, πιθανές διαφορές στα επίπεδα γαλακτικού κατά την άσκηση σε συνθήκες άπνοιας ενδέχεται να υπάρχουν ανάμεσα σε άτομα εξοικειωμένα στην υποξία (π.χ. δύτες) και σε μη εξοικειωμένα. Με βάση τα πιο πάνω, η παρούσα μελέτη εξετάζει τα επίπεδα γαλακτικού σε υποξία (υγρή άπνοια) πριν και μετά από σύντομη άσκηση, υποθέτοντας ότι υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές.

2.2.1.4 Ορμονικές αποκρίσεις σε συνθήκες υποξίας

Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα και οι επινεφρίδιοι αδένες παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού σε συνθήκες υποξίας (Bao et al., 1997). Οι κατεχολαμίνες τόσο ως νευροδιαβιβαστές όσο και ως ορμόνες έχουν έντονες ρυθμιστικές ιδιότητες και ελέγχουν κρίσιμες φυσιολογικές και μεταβολικές λειτουργίες αναφορικά με τη διαθεσιμότητα οξυγόνου. Ανάμεσα στις κύριες επιδράσεις των κατεχολαμινών αναφέρονται η καρδιακή λειτουργία, η ροή και η πίεση του αίματος και η κινητοποίηση και η χρήση ενεργειακών υποστρωμάτων. Οι αποκρίσεις αυτές αφορούν συγκεκριμένους ιστούς και είναι ανάλογες με τον αδρενεργικό υποδοχέα (Morse et al., 1992). Η έκταση των αποκρίσεων εξαρτάται από πολλές συνισταμένες όπως, η διάρκεια παραμονής σε υψόμετρο, ο χρόνος ο οποίος έχει παρέλθει από προηγούμενη έκθεση σε υψόμετρο ή ακόμα και ο *ρυθμός ανάβασης* (βλέπε επίσης, Hainsworth et al., 2007). Η επίδραση των κατεχολαμινών εξετάζεται αναλυτικότερα στην επόμενη υπο-ενότητα.

Η επινεφρίνη και η νορεπινεφρίνη

Η επινεφρίνη, η οποία αυξάνεται μέσω των β-αδρενεργικών υποδοχέων, έχει σαν στόχο να βελτιώσει την κατανομή οξυγόνου στους ιστούς. Η επινεφρίνη αυξάνει την καρδιακή συχνότητα και τη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου (θετικά χρονοτροπικές και ινοτροπικές επιδράσεις) με συνεπακόλουθη αύξηση της καρδιακής παροχής. Επίσης, προκαλεί αγγειοσυστολή στους σκελετικούς μύες για να βελτιώσει τη μεταφορά οξυγόνου στην περιφέρεια. Τέλος, ενεργοποιεί τη γλυκογονόλυση στους μύες και στο ήπαρ και συνεπώς αυξάνει τη χρήση υδατανθράκων ως πηγή ενέργειας. Αυτό, ίσως επηρεάζει το «γαλακτικό παράδοξο» (βλέπε προηγούμενη ενότητα).

Η νορεπινεφρίνη πλάσματος (δείκτης δραστηριότητας συμπαθητικού), παρουσιάζει εντελώς διαφορετική απόκριση σε συνθήκες υποξίας. Παρόλο που η δραστηριότητα του συμπαθητικού αυξάνεται λόγω υποξίας, η νορεπινεφρίνη πλάσματος δεν παρουσιάζει ουσιαστικές αλλαγές. Κατά την εμπύθιση παρατηρείται μείωση της νορεπινεφρίνης η οποία αποδίδεται στην *τροποποιημένη δράση των καρδιοπνευμονικών και αρτηριακών τασεοαισθητήρων* (Γελαδάς, 2008). Αντίθετα, μόνο κατά την έντονη άσκηση σε συνθήκες υποξίας παρατηρείται αύξηση της νορεπινεφρίνης.

Κορτιζόλη, γλυκαγόνη και ινσουλίνη σε υποξικές συνθήκες

Η κορτιζόλη είναι ορμόνη η οποία συντίθεται από το φλοιό των επινεφριδίων και είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική παραγωγή της

επινεφρίνης. Η δραστική της μορφή είναι η υδροκορτιζόνη. Η έκκριση κορτιζόλης αφορά απόκριση σε εντασιογόνα κατάσταση (Morse et al., 1992; Vander et al., 2001). Η κορτιζόλη παραμένει αμετάβλητη σε κατάσταση ηρεμίας (σε υψόμετρο) ενώ, η αύξηση της κατά την άσκηση συνδέεται με την ένταση και όχι με την υποξία.

Η γλυκαγόνη είναι μία ορμόνη η οποία παράγεται στο πάγκρεας (α-κύτταρα στα νησίδια του Langerhans) και έχει αντίστροφη δράση από την ινσουλίνη αφού ο κύριος ρόλος της είναι η αύξηση της γλυκόζης στο αίμα (Vander et al, 2001). Όπως και η κορτιζόλη, η γλυκαγόνη τόσο σε ηρεμία όσο και κατά την άσκηση δεν παρουσιάζει ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στο επίπεδο θαλάσσης και στο υψόμετρο.

Τέλος, η ινσουλίνη είναι ορμόνη που επίσης παράγεται στο πάγκρεας (β-κύτταρα στα νησίδια του Langerhans) και αφορά το μεταβολισμό των υδατανθράκων (σακχάρων) του οργανισμού. Η ινσουλίνη δρα σε όλους τους ιστούς του σώματος και ειδικότερα στο ήπαρ, στους μύες και στο λιπώδη ιστό, διευκολύνοντας την πρόσληψη γλυκόζης από τα κύτταρα (Vander et al., 2001: 791-796). Έχει παρατηρηθεί ότι η αυξημένη ευαισθησία στην ινσουλίνη συνδέεται άμεσα με τον εγκλιματισμό σε υψόμετρο. Η κυκλοφορία γλυκόζης για το ίδιο έργο φαίνεται να είναι αυξημένη σε υψόμετρο. Συνεπώς, η χρήση ενεργειακών υποστρωμάτων μεταβάλλεται σε συνθήκες υποξίας με αύξηση στους υδατάνθρακες (γλυκόζη). Επιπροσθέτως, κατά την άφιξη σε υψόμετρο αλλά και μετά από εγκλιματισμό (21 ημέρες) ο ανθρώπινος οργανισμός βασίζεται στη γλυκόζη αίματος ως πηγή ενέργειας κάτι το οποίο είναι αποτελεσματικό όσον αφορά την κατανάλωση οξυγόνου. Συμπερασματικά, τα επίπεδα γλυκόζης συνιστούν μια μεταβλητή εν δυνάμει ενδιαφέρουσα όσον αφορά την υποξία και την άσκηση.

2.2.1.5 Ανοσοποιητικό και υψόμετρο

Οι μεταβολές τόσο στα λεμφοκύτταρα όσο και στα ανοσοκύτταρα (natural killer cells) είναι παροδικές μετά από παραμονή τεσσάρων εβδομάδων σε υψόμετρο (Meehan et al., 2004). Αντιθέτως, η ιντερλευκίνη-6 (IL-6) παραμένει αυξημένη ακόμα και μετά τον εγκλιματισμό σε υψόμετρο ίσως λόγω των α- και β-αδρενεργικών μηχανισμών (Mazzeo et al., 2001). Πιθανολογείται ότι η αυξημένη IL-6 αφορά τον υποβοηθητικό της ρόλο στην αγγειογένεση καθώς και στη διαμόρφωση παραγωγής EPO όπου συνιστούν δείκτες προσαρμογής σε υψόμετρο.

Συνοπτικά, η παρατεταμένη έκθεση σε υψόμετρο και η επακόλουθη αύξηση της λειτουργίας του συμπαθητικού οδηγεί σε υψηλότερη αντίσταση των αγγείων, υψηλότερη αρτηριακή πίεση και υψηλότερο μεταβολικό ρυθμό. Επέρχονται επίσης μεταβολές στην επιλογή ενεργειακών υποστρωμάτων και περιορισμός στη λειτουργία του ανοσοποιητικού. Όσον αφορά το ρόλο του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος κατά τη διάρκεια οξείας και χρόνιας έκθεσης σε υψόμετρο, δεν υπάρχουν ξεκάθαρα συμπεράσματα. Οι Boushel et al., (2001), υποστηρίζουν ότι η αυξημένη διέγερση του παρασυμπαθητικού σε συνθήκες υποξίας οδηγεί σε μείωση της καρδιακής συχνότητας. Η παρατηρούμενη μείωση στην καρδιακή παροχή φαίνεται ότι επηρεάζεται από την υποξία. Η απότομη επαναφορά της μέγιστης καρδιακής παροχής κατά την άσκηση σε χρόνια υποξία με αυτή στο επίπεδο θαλάσσης αποδίδεται στην «απόσβεση» των συνθηκών υποξίας. Αυτό εμφανίζεται όταν η αρτηριακή πίεση και ο κορεσμός οξυγόνου αυξάνονται. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται επίσης όσον

αφορά την εναλλασσόμενη λειτουργία των μουσκαρινικών υποδοχέων (ακετυλοχολίνης) και των χαρακτηριστικών αυτών.

2.2.2 Υποξία και διαφορές ανάμεσα στα φύλα

Παλαιότερες έρευνες υποστηρίζουν ότι οι γυναίκες αποκρίνονται διαφορετικά από τους άνδρες σε συνθήκες υποξίας αφού δεν αυξάνουν τον αιματοκρίτη τους στον ίδιο βαθμό ούτε και με τον ίδιο ρυθμό (Hartley et al., 1974). Επιπροσθέτως, οι διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στη χρήση ενεργειακών υποστρωμάτων οι οποίες παρατηρούνται στο επίπεδο της θάλασσας παραμένουν και στο υψόμετρο. Αυτό ίσως οφείλεται στο ποσοστό σωματικού λίπους και της κατανομής του αλλά και λόγω των ορμονών (προγεστερόνη, οιστρογόνα). Όμως, ο καταμήνιος κύκλος δεν φαίνεται να επηρεάζει τη χρήση ενεργειακών υποστρωμάτων σε υψόμετρο (Braun et al., 2000).

Η παρούσα μελέτη εξέτασε μόνο άρρενες κολυμβητές περιορίζοντας έτσι την εγκυρότητα και τη γενίκευση των αποτελεσμάτων σε αυτή την ομάδα. Παράλληλα, αποφεύχθηκε η πιθανώς λανθασμένη απόδοση των αποτελεσμάτων σε διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα.

2.2.3 Σχέση υποξίας και άπνοιας

Έχει γίνει αναφορά σε διάφορες έρευνες όσον αφορά την κατάσταση υποξίας χωρίς όμως να διευκρινιστεί ο λόγος. Η μελέτη εξέτασε την επίδραση της άπνοιας με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό στους κολυμβητές δεδομένου ότι η άπνοια αποτελεί μια μορφή υποξίας όπως επεξηγείται εκτενέστερα παρακάτω.

Γνωρίζοντας ότι η αναλογία των αερίων στην ατμόσφαιρα είναι: $Fr_{O_2} = 20,93\%$, $Fr_{N_2} = 79,04\%$ και $Fr_{CO_2} = 0,003\%$, η μερική πίεση του οξυγόνου στην επιφάνεια της θάλασσας ισούται με $(P_{O_2}) = (20,93/100) \times 760\text{mmHg} = 159,1\text{mmHg}$. Όμως, ενώ η σχέση της μερικής πίεσης των αερίων παραμένει σταθερή, οι απόλυτες τιμές ελαττώνονται όσο αυξάνεται το υψόμετρο αφού υπάρχει μείωση στη βαρομετρική πίεση (Κλεισούρας, 2007). Για παράδειγμα, όταν η βαρομετρική πίεση είναι 405mmHg (λόγω υψομέτρου), τότε η μερική πίεση του οξυγόνου είναι περίπου η μισή απ' αυτή στην επιφάνεια της θάλασσας ($84,8\text{mmHg}$). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πτώση της μερικής πίεσης του οξυγόνου στις κυψελίδες και του κορεσμού του (αρτηριακού) αίματος σε οξυγόνο (West, 1984). Η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται ως κατάσταση υποξίας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Millet et al., (2012), η υποξία ορίζεται ως ο συνδυασμός χαμηλής βαρομετρικής πίεσης (P_b) ή/και μειωμένο κλάσμα οξυγόνου το οποίο συνεπάγεται ελάττωση της μερικής πίεσης του οξυγόνου κάτω από 150mmHg . Αντιθέτως, ο Semenza (2009), υποστηρίζει ότι η υποξία αφορά καθαρά τη μείωση οξυγόνου στον οργανισμό και είναι ανεξάρτητη από τις αλλαγές στη βαρομετρική πίεση. Υιοθετώντας τον ορισμό του Semenza, η άπνοια συνιστά μια μορφή υποξικής κατάστασης ενώ αντίστοιχα η προπόνηση της, προπόνηση με μειωμένη παροχή οξυγόνου. Οι φυσιολογικές αποκρίσεις σε συνθήκες υποξίας καθώς και οι επιδράσεις της υποξικής προπόνησης εξετάζονται στις ενότητες που ακολουθούν.

Επισημαίνεται ότι, η διάρκεια της άπνοιας χωρίζεται με βάση το «φυσιολογικό σημείο τερματισμού» σε δύο διακριτές φάσεις: (α) το εκούσιο κράτημα της αναπνοής και (β) την ακούσια αναπνευστική δραστηριότητα (Agostoni, 1963). Ο διαχωρισμός εντοπίζεται λόγω αύξησης της μερικής πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα στο αρτηριακό αίμα ($PaCO_2$, Lin et al., 1974). Διαχωρίζοντας την άπνοια σε δύο φάσεις μπορεί κανείς να προσδιορίσει τα

χαρακτηριστικά της και τους λόγους τερματισμού της. Συγκεκριμένα, ενώ η πρώτη φάση, η *ευχερής*, καθορίζεται κυρίως από μηχανικά και χημικά ερεθίσματα η δεύτερη φάση, η *δυσχερής*, επηρεάζεται κυρίως από ψυχολογικούς παράγοντες (Lin et al., 1974). Οι Courteix et al., (1993), υποστηρίζουν ότι όλες οι προαναφερθέντες παράμετροι δεν είναι ανεξάρτητες παρόλο που δρουν σε διαφορετικές φάσεις. Οι συνθήκες υποξίας-άπνοιας προκαλούν μείωση της P_{CO_2} αλλά και αύξηση του pH παράμετροι κοινοί με τις αποκρίσεις στο καταδυτικό αντανακλαστικό (βλέπε πιο κάτω). Επίσης, παρατηρείται και στις δύο περιπτώσεις μείωση του ποσοστού (%) κορεσμού οξυγόνου στο αίμα.

2.3 Το Καταδυτικό Αντανακλαστικό – Γενικά Χαρακτηριστικά

Το καταδυτικό αντανακλαστικό (ΚΑ) συνιστά την απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού σε συνθήκες υποξίας με εμφανή βραδυκαρδία και περιφερική αγγειοσυστολή. Αντίστοιχες αποκρίσεις εμφανίζουν και τα πτηνά ενώ περισσότερη ένταση παρουσιάζουν τα θηλαστικά. Το ΚΑ τόσο στα ζώα όσο και στον άνθρωπο συνιστά ένα αμυντικό μηχανισμό επιβίωσης σε συνθήκες υποξίας (Alboni et al., 2011b). Σύμφωνα με τις έρευνες οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω, η ένταση του ΚΑ επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί αφορούν το εκούσιο κράτημα της αναπνοής ή μη, τη βύθιση (ή μη) του προσώπου σε νερό, τη θερμοκρασία του νερού αλλά και του περιβάλλοντος καθώς επίσης και την κατάσταση του δοκιμαζομένου π.χ. σε ηρεμία ή σε άσκηση ή ακόμα και τη φυσική του κατάσταση (βλέπε Γελαδάς, 2008:39-40).

Οι φυσιολογικές αποκρίσεις λόγω του ΚΑ κατηγοριοποιούνται σε καρδιαγγειακές, αναπνευστικές, αιματολογικές και μεταβολικές.

2.3.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στο ΚΑ

Το κύριο χαρακτηριστικό του ΚΑ είναι η βραδυκαρδία και η αυξημένη αρτηριακή πίεση (Bakovic et al., 2003; Bergman et al., 1972; Schagatay et al., 2007). Οι Jaja & Etemire (2006), υποστηρίζουν ότι η καρδιαγγειακή απόκριση λόγω του καταδυτικού αντανακλαστικού (βραδυκαρδία) ξεπερνά την αντίστοιχη αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Επίσης, παραθέτουν στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν ότι η χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού έχει σαν αποτέλεσμα την εντονότερη εκδήλωση του αντανακλαστικού και ειδικότερα στους συστηματικά ασκούμενους δοκιμαζόμενους σε σχέση με τους ανενεργούς. Οι Schagatay & Holm (1996), επιβεβαιώνουν την αντιστρόφως ανάλογη απόκριση του ΚΑ λόγω βύθισης σε κρύο νερό σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Οι Lundgren & Ferrigno (1985), παρατηρούν μόνο ελαφριά βραδυκαρδία με το κράτημα της αναπνοής (άπνοια) χωρίς τη βύθιση του προσώπου στο νερό. Όμως, με βύθιση του προσώπου στο νερό, η ένταση του αντανακλαστικού είναι μεγαλύτερη και αντιστρόφως ανάλογη με τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού (Speck & Bruce, 1978). Η μέγιστη βραδυκαρδία παρατηρείται με ταυτόχρονη βύθιση του προσώπου στο (κρύο) νερό και με το κράτημα της αναπνοής (Guillaume et al., 2013).

Οι Schagatay & Holm (1996), υποστηρίζουν, με βάση εμπειρικά δεδομένα ότι, η θερμοκρασία περιβάλλοντος επίσης επηρεάζει την καρδιαγγειακή απόκριση του καταδυτικού αντανακλαστικού σε συνθήκες άπνοιας. Η μέγιστη εκδήλωση

του αντανακλαστικού παρατηρήθηκε με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό και με αντίστοιχα υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Γελαδάς, 2008:40).

Είναι επίσης εμφανές ότι το ΚΑ είναι εντονότερο κατά την άσκηση σε σχέση με την ηρεμία και ειδικότερα σε δυναμική άσκηση σε σχέση με ισομετρική (Bergman et al., 1972; Joulia et al., 2003 & 2009). Παρόλα αυτά όμως, νεότερη έρευνα των Tocco et al., (2013), κατέδειξε αμφισβητούμενα αποτελέσματα όσον αφορά την επίδραση της άσκησης στο ΚΑ (βλέπε επίσης Kiviniemi et al., 2012). Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η επίδραση της άσκησης ίσως έρχεται «σε σύγκρουση» με το ΚΑ αναιρώντας τις επιδράσεις του. Τέλος, οι δύτες παρουσιάζουν εντονότερες καρδιαγγειακές αποκρίσεις σε άπνοια με βύθιση προσώπου σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Tocco et al., 2012).

2.3.1.1 ΚΑ και ανακατανομή αιματικής ροής από την περιφέρεια στο κέντρο

Η ανακατανομή της αιματικής ροής από την περιφέρεια στην εγκεφαλική (Brown et al., 2003) και κεντρική κυκλοφορία αποτελεί αδιαμφισβήτητο στοιχείο της λειτουργίας του ΚΑ ως προστατευτικού μηχανισμού. Συγκεκριμένα, λόγω έλλειψης οξυγόνου και για την επιβίωση του οργανισμού, το αίμα ανακατανέμεται στα ζωτικά όργανα. Η αύξηση στην κεντρική αιματική ροή μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση της $P_{ET}CO_2$ και στη μείωση της $P_{ET}O_2$ αλλά ίσως και στην παράλληλη αύξηση της ΑΠ (Jiang et al., 1994). Οι Pan et al., (1997), συμπεραίνουν ότι η βραδυκαρδία λόγω ΚΑ βασίζεται στην αύξηση της περιφερικής αντίστασης η οποία προκαλεί συσσώρευση του αίματος στην αορτή και στις αρτηρίες και μειωμένη φλεβική επαναφορά. Συνεπώς, κύριες παράμετροι για την αξιολόγηση του ΚΑ αποτελούν εκτός από την καρδιακή συχνότητα, τόσο η αρτηριακή πίεση (ΑΠ) μαζί με τις τελοαναπνευστικές πιέσεις του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα ($P_{ET}O_2$ και $P_{ET}CO_2$ αντίστοιχα), όσο και η συνολική περιφερική αντίσταση (TPR). Επισημαίνεται ότι οι Bengtsson et al., (2001), με βάση εμπειρικά δεδομένα, επιβεβαιώνουν ότι η $P_{ET}-aO_2$ (διαφορά της τελοαναπνευστικής πίεσης οξυγόνου με την αρτηριακή πίεση οξυγόνου) ως δείκτη της αναπνοής δίνει ισότιμες πληροφορίες με την $PA-aO_2$ (διαφορά στην μερική πίεση οξυγόνου στις κυψελίδες με το αρτηριακό αίμα). Αυτό συνεπάγεται την αποφυγή μέτρησης των εκπνεόμενων αερίων και της αναγκαιότητας υποτιθέμενης τιμής για RER. Οι μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων εξετάζονται σε αυτή τη μελέτη με τη λήψη φλεβικού αίματος

2.3.1.2 Το ΚΑ, Καρδιαγγειακές Αποκρίσεις και Θέση σώματος

Οι Jiang et al., (1994), καταδεικνύουν ότι η θέση του σώματος (όρθια και ύπτια) δεν επηρεάζει την ΚΣ κατά την άπνοια. Κατά τις πειραματικές διαδικασίες που εφαρμόσαν, η βραδυκαρδία εκδηλώθηκε μόνο με τη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό. Αντιθέτως, η αρτηριακή πίεση αυξήθηκε τόσο στις δύο θέσεις του σώματος όσο και στις δύο συνθήκες βύθισης (ζεστό $35^{\circ}C$ και κρύο νερό $20^{\circ}C$). Συνεπώς, η αύξηση της Α.Π. ίσως δεν αποτελεί έγκυρο δείκτη εκδήλωσης του ΚΑ ενώ αντίθετα η ΚΣ παρουσιάζεται ως περισσότερο έγκυρη παράμετρος. Οι Gagnon et al., (2013), εξέτασαν πιθανές διαφορές με βύθιση προσώπου, του πίσω μέρους της κεφαλής και ολόκληρης της κεφαλής χωρίς να βρουν σημαντικές διαφορές αναφορικά με τις καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παραμέτρους. Η πιθανή επίδραση της θέσης του σώματος χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για ορθότερα και ακριβέστερα συμπεράσματα. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η ΚΣ ως πιο αξιόπιστος δείκτης του ΚΑ σε σχέση με την Α.Π. Επίσης, όσον αφορά

τη θέση σώματος οι άπνοιες εκτελέστηκαν για πρώτη φορά μετά από άσκηση σε πρηνή θέση.

2.3.2 Το ΚΑ και Αναπνευστικές αποκρίσεις

Σήμερα το ΚΑ θεωρείται ως απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού για επιβίωση μέσω εξοικονόμησης οξυγόνου (Lindholm et al., 1999). Αρχικά οι ερευνητές εντόπισαν μία άμεση συσχέτιση μεταξύ της έντασης του ΚΑ και του χαμηλότερου ρυθμού μείωσης του SaO_2 (Andersson & Schagatay, 1998; Lindholm et al., 1999; Andersson et al., 2002). Αργότερα όμως, προσαρμόζοντας τους πειραματικούς τους χειρισμούς, κατέδειξαν ότι υπάρχει μία αιτιώδης σχέση μεταξύ των δύο παραμέτρων (Andersson et al., 2004; Lindholm et al., 2002). Η ενεργοποίηση του ΚΑ συνιστά άπνοια με βύθιση σε κρύο νερό. Οι Schagatay et al., (2007), παραθέτουν στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν ότι η ενεργοποίηση του ΚΑ, δηλαδή άπνοια σε συνδυασμό με βύθιση του προσώπου στο νερό, αποτελεί ισχυρότερη απόκριση σε σχέση με την απλή άπνοια. Ο κορεσμός οξυγόνου στις αρτηρίες ήταν υψηλότερος επιβεβαιώνοντας την εξοικονόμηση οξυγόνου μέσω εντονότερου καταδυτικού αντανακλαστικού (βλέπε επίσης Andersson & Evangelidis, 2009).

Οι Andersson et al., (2002), αναφέρουν ότι σε κατάσταση άπνοιας τόσο στον αέρα, όσο και με βύθιση στο νερό κατά τη διάρκεια άσκησης σε κυκλοεργόμετρο, η ΚΣ και ο κορεσμός οξυγόνου μειώθηκαν ενώ η ΑΠ αυξήθηκε. Όμως, οι αλλαγές αυτές ήταν εντονότερες και στατιστικά σημαντικές κατά την άπνοια στο νερό. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι το καταδυτικό αντανακλαστικό μειώνει το ρυθμό εξάντλησης των αποθεμάτων οξυγόνου ίσως μέσω μεγαλύτερης μείωσης του φλεβικού οξυγόνου και με την αύξηση της αναεροβίωσης. Ο μηχανισμός αυτός καθυστερεί την πτώση της μερικής πίεσης οξυγόνου στις κυνελίδες και στις αρτηρίες και συνεπώς την ανάπτυξη υποξίας στα ζωτικά όργανα. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν 8 δύτες ελεύθερης κατάδυσης και κάτω από συνθήκες άσκησης.

Το ποσοστό κορεσμού οξυγόνου στο φλεβικό αίμα (SO_2) στο τέλος της κάθε άπνοιας αποτέλεσε δείκτη ενεργοποίησης του ΚΑ στην παρούσα μελέτη.

2.3.3 Το ΚΑ και Μεταβολικές Αποκρίσεις

Το ΚΑ έχει συνδεθεί με την αύξηση της αναεροβίωσης και κατ' επέκταση το αυξημένο γαλακτικό αίματος, πτώση στο pH (Andersson et al., 2002; Joulia et al., 2002; Schagatay et al., 2007). Οι Ferretti et al., (1991), κατέδειξαν ότι οι ελίτ δύτες παρουσιάζουν υψηλότερο αναερόβιο μεταβολισμό κατά την ενεργοποίηση του ΚΑ σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Αντίστοιχα οι Joulia et al., (2002), υποστηρίζουν ότι οι προπονημένοι δύτες παρουσίασαν χαμηλότερο οξειδωτικό στρες μετά από άσκηση και άπνοια σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Συμπερασματικά, αν και οφθαλμοφανές, οι έρευνες επιβεβαιώνουν ότι το επίπεδο εξοικείωσης με δραστηριότητες άπνοιας επηρεάζει το βαθμό εκδήλωσης του ΚΑ (Schagatay et al., 2000, Joulia et al., 2003). Η εμπειρία στην άπνοια και η επίδραση της κατά την εκδήλωση του ΚΑ είναι εμφανής στο επίπεδο γαλακτικής οξέωσης των δοκιμαζομένων δηλαδή στο γαλακτικό πλάσματος και στο pH η οποία προσομοιάζει τα υδρόβια θηλαστικά (Joulia et al., 2002). Η προσαρμογή αυτή, δηλαδή η χαμηλότερη οξέωση η οποία παρατηρείται όχι μόνο σε δύτες αλλά και σε αθλητές αντοχής, είναι αντίστοιχη με τον εγκλιματισμό σε υψόμετρο (Joulia et al., 2003). Οι Ferretti et al., (1991), επισημαίνουν ότι ο αυξημένος αναερόβιος μεταβολισμός στους επαγγελματίες δύτες (σε σχέση με την ομάδα

ελέγχου) μπορεί να αποδοθεί στο καταδυτικό αντανακλαστικό. Τέλος οι Joulia et al (2009), υποστηρίζουν ότι οι αυξημένες επιδόσεις στη διάρκεια άπνοιας (στατικής και δυναμικής) τις οποίες κατέχουν οι ελίτ δύτες οφείλονται στην καλύτερη αιμάτωση του εγκεφάλου.

Στην παρούσα έρευνα, εξετάστηκαν μόνο κολυμβητές οι οποίοι θεωρούνται ότι έχουν μέτριο επίπεδο εξοικείωσης σε άπνοια λόγω των προπονήσεων τους στην κολύμβηση. Παράλληλα, καταγράφηκε η προηγούμενη κολυμβητική τους εμπειρία π.χ. στην τεχνική κολύμβηση. Όσοι αθλητές κατά τη περίοδο της έρευνας ασχολούνταν ενεργά με καταδύσεις αποκλείστηκαν από την έρευνα. Τέλος, οι μεταβολικές παράμετροι αναφορικά με την οξέωση/αλκάλωση του αίματος εξετάζονται στην παρούσα μελέτη.

2.3.4 Το ΚΑ και Αιματολογικές Αποκρίσεις

Οι σημαντικότερες ίσως αποκρίσεις λόγω ενεργοποίησης του ΚΑ αφορούν την αύξηση του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης (de Bruijn et al., 2008; Espersen et al., 2002; Hurford et al., 1990; Richardson et al., 2005; Schagatay et al., 2005 & 2007). Επιπροσθέτως, η αύξηση της διάρκειας της άπνοιας λόγω του αντανακλαστικού κατάδυσης συνδέεται άμεσα με την συστολή του σπλήνα (Schagatay et al., 2001). Είκοσι δοκιμαζόμενοι (δύο ομάδες των 10 ατόμων - 2 γυναίκες, 8 άνδρες) μη επαγγελματίες δύτες, πραγματοποίησαν πέντε παρατεταμένες, προσομοιωμένες καταδύσεις. Η δεύτερη ομάδα αφορούσε άτομα τα οποία είχαν υποβληθεί σε σπληνεκτομία για διάφορους λόγους αλλά καθόλα υγιή. Οι δοκιμασίες αυτές ενεργοποίησαν αιματολογικές αλλαγές και συγκεκριμένα αύξηση στον αιματοκρίτη και στην αιμοσφαιρίνη μόνο στην πρώτη ομάδα. Οι δοκιμαζόμενοι οι οποίοι είχαν υποβληθεί σε σπληνεκτομία δεν παρουσίασαν αυτές τις αλλαγές.

Η σχέση της άπνοιας με την αύξηση της ερυθροποιητίνης υποστηρίζεται και από τα αποτελέσματα της έρευνας των de Bruijn et al., (2008). Συγκεκριμένα οι ερευνητές υπέβαλαν 10 υγιείς εθελοντές σε 15 ξηρές άπνοιας μέγιστης διάρκειας χωρισμένες σε 3 σειρές. Η αύξηση της ερυθροποιητίνης ήταν 24% ($p < 0,01$) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Επιπροσθέτως, οι Richardson et al., (2005), επιβεβαίωσαν ότι η απόκριση σε άπνοια αφορά την αύξηση της αιμοσφαιρίνης, πιθανότατα λόγω της συστολής του σπλήνα με πιο έντονα αποτελέσματα σε επαγγελματίες δύτες σε σχέση με σκιέρ και το γενικό πληθυσμό. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζουν και οι Hurford et al., (1990), σε επαγγελματίες δύτες.

Οι Espersen et al., (2002), επίσης επιβεβαίωσαν ότι η συστολή του σπλήνα αποτελεί ένα ακόμα χαρακτηριστικό της ενεργοποίησης του ΚΑ το οποίο ενισχύει την διάρκεια της άπνοιας αυξάνοντας την κυκλοφορία των ερυθρών αιμοσφαιρίων στο αίμα. Επιπροσθέτως, οι Palada et al., (2007), παραθέτουν στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν τόσο την αύξηση της έντασης των αποκρίσεων του αντανακλαστικού με το κρύο νερό, όσο και την άμεση ενεργοποίηση του σπλήνα από τα πρώτα κιόλας δευτερόλεπτα.

Ενώ είναι ήδη γνωστό ότι η προπόνηση άπνοιας αυξάνει την απόκριση του αντανακλαστικού κατάδυσης και συνεπώς τη διάρκεια της άπνοιας, δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο ότι αντίστοιχη προπόνηση μπορεί να επηρεάσει το σπλήνα. Οι Bakovic et al., (2003), παραθέτουν στοιχεία τα οποία ίσως ενισχύουν αυτόν τον ισχυρισμό δεδομένου ότι η συστολή του σπλήνα σε επανειλημμένες άπνοιας είναι γρήγορη ενώ η αποκατάσταση του αργή (βλέπε επίσης Schagatay et al., 2005).

Η παρούσα μελέτη περιορίστηκε στη μέτρηση μεταβολικών κυρίως παραμέτρων όσον αφορά τον προσδιορισμό της έντασης εκδήλωσης του ΚΑ και αφού θα έχει προηγηθεί άσκηση. Επισημαίνεται όμως ότι, οι αιματολογικές αλλαγές τις οποίες επιφέρει η άπνοια μπορεί να είναι αρκετά σημαντικές όσον αφορά την προπόνηση αθλητών και ειδικότερα αυτών αντοχής.

2.3.5 Το ΚΑ, η φυσική κατάσταση και η ηλικία των δοκιμαζομένων

Η σχέση της φυσικής κατάστασης και της καρδιαγγειακής απόκρισης στην άπνοια δίνει αμφιλεγόμενα αποτελέσματα (Γελαδάς, 2008). Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε η VO_{2max} των συμμετεχόντων έτσι ώστε να ελεγχθεί αυτός ο παράγοντας. Επίσης, αναφορικά με τη φυσική κατάσταση, επιλέχθηκαν κολυμβητές «εν ενεργεία» όχι απαραίτητα αγωνιστική, εξασφαλίζοντας ότι το επίπεδο της φυσικής τους κατάστασης ήταν σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Η ηλικία φαίνεται να επιδρά αρνητικά στην εκδήλωση της βραδυκαρδίας ίσως λόγω της μειωμένης ικανότητας συστολής των αιμοφόρων αγγείων (Γελαδάς, 2008). Ελέγχθηκε ο παράγοντας ηλικία επιλέγοντας δείγμα σχετικά νεαρών κολυμβητών 19-23 ετών.

3.6 Άσκηση, Άπνοια και Κατεχολαμίνες

Έχει αναφερθεί ότι το ΚΑ εκδηλώνεται τόσο σε ηρεμία όσο και κατά την άσκηση όπου φαίνεται να είναι εντονότερο και ειδικότερα σε δυναμική (Bergman et al., 1972). Επισημαίνεται η πιθανή αλληλεπίδραση της ενεργοποίησης του παρασυμπαθητικού λόγω ΚΑ με την απόκριση των επινεφριδίων μέσω των κατεχολαμινών κατά την άσκηση. Συγκεκριμένα, η έκκριση κατεχολαμινών κατά την άσκηση επενεργεί στην αντίστοιχη αύξηση της καρδιακής συχνότητας (ΚΣ) σαν μέτρο προστασίας ενάντια στην ισχαιμία. Οι κατεχολαμίνες συνιστούν την επινεφρίνη (αδρεναλίνη), νορεπινεφρίνη (νοραδρεναλίνη) και την ντοπαμίνη και παράγονται από την φαιυλαλανίνη και την τυροσίνη. Όμως, κατά την ενεργοποίηση του ΚΑ παρατηρείται γρήγορη μείωση της ΚΣ και *έκθεση* του μυοκαρδίου στις κατεχολαμίνες οι οποίες απομακρύνονται αργά από το αίμα (Dimsdale, 1977).

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η εκδήλωση του ΚΑ με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό σε ηρεμία και αμέσως μετά από άσκηση για τον καλύτερο προσδιορισμό πιθανών διαφορών ανάμεσα στις δύο συνθήκες. Περαιτέρω έρευνα θα πρέπει να εξετάσει και τα επίπεδα των κατεχολαμινών σε σχέση με την ΚΣ κατά την άσκηση και αμέσως μετά.

2.4 Υποξική Προπόνηση

Οι Andersson et al., (2004), παρουσιάζουν εμπειρικά δεδομένα τα οποία επιβεβαιώνουν ότι το καταδυτικό αντανεκλαστικό, το οποίο παρουσιάζεται εντονότερο με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό σε σχέση με την ξηρή άπνοια, αφορά την εξοικονόμηση οξυγόνου. Οι πιθανοί μηχανισμοί σχετίζονται με τη μείωση στην καρδιακή παροχή και στην περιφερική ροή του αίματος κατά την άπνοια. Επιπροσθέτως, η πρόσληψη O_2 στους πνεύμονες και κατ' επέκταση στο αίμα κατά την άπνοια μειώνεται εξοικονομώντας το για τα ζωτικά όργανα και τους ιστούς. Παρατηρείται επίσης αύξηση του γαλακτικού στο αίμα λόγω αύξησης του αναερόβιου μεταβολισμού. Συμπερασματικά, οι διαφορές στην

ένταση των φυσιολογικών αποκρίσεων ανάμεσα στη ξηρή άπνοια και στην άπνοια στο νερό είναι όχι μόνο αναμενόμενες αλλά και ουσιαστικές.

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί αύξηση της ερυθροποιητίνης και συνεπώς αύξηση του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης σαν φυσιολογική απόκριση στην υποξία. Οι αλλαγές αυτές φαίνονται εντονότερες σε επαγγελματίες δύτες οι οποίοι είναι περισσότερο εξοικειωμένοι σε συνθήκες άπνοιας. Πόσο όμως ευεργετική μπορεί να είναι η προπόνηση άπνοιας ή αλλιώς η υποξική προπόνηση; Επιπλέον, ποιες είναι οι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ ξηρής άπνοιας και άπνοιας στο νερό;

Η υποξική προπόνηση και οι αντίστοιχες φυσιολογικές αποκρίσεις στην υποξία ή/και οι προσαρμογές μπορούν να διερευνηθούν κάτω από δύο διαφορετικές υποξικές συνθήκες. Πρώτον στην υποβαρική υποξία η βαρομετρική πίεση είναι χαμηλότερη από αυτή στο επίπεδο θαλάσσης ($FrO_2 = 20.9\%$ άρα $P_b < 760$ mmHg) έναντι της νορμοβαρικής ($FrO_2 < 20\%$ άρα $P_b = 760$ mmHg). Ενώ η κλασική αντίληψη είναι ότι η μείωση της μερικής πίεσης του οξυγόνου αφορούσε το μοναδικό παράγοντα για τις φυσιολογικές αποκρίσεις στην υποξία, καινούργια δεδομένα αντικρούουν αυτή την άποψη. Συγκεκριμένα, υπάρχουν στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν ότι η υποβαρική υποξία προκαλεί διαφορετικές αποκρίσεις, πιο σοβαρές από αυτές της νορμοβαρικής. Παράγοντες όπως ο πνευμονικός αερισμός, το νιτρικό οξύ καθώς και η αθλητική απόδοση συνιστούν τέτοια παραδείγματα. Συνεπώς, εξετάζονται αναλυτικότερα οι έρευνες αναφορικά με την πιθανή επίδραση της υποξικής προπόνησης στην αθλητική απόδοση (βλέπε επίσης επόμενο υπο-κεφάλαιο).

Η κλασική μέθοδος υποξικής προπόνησης γνωστή ως «ζω στα ψηλά και προπονούμαι στα χαμηλά» (LHTL) φαίνεται να μην έχει ακόμα πλήρως καθιερωθεί ως η πιο αποτελεσματική. Συγκεκριμένα, δεν γνωρίζουμε με βεβαιότητα εάν η προπόνηση σε υποβαρικό περιβάλλον έχει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με αυτήν σε νορμοβαρικό. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι δύσκολο να συγκριθούν ταυτόχρονα δύο παράγοντες δηλαδή, η υποξική «δόση» και το περιεχόμενο της προπόνησης. Οι Mounier & Brugniaux (2012), υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις επιδράσεις του περιβάλλοντος με διαφορετική βαρομετρική πίεση ενώ οι Millet et al., (2012), υποστηρίζουν το αντίθετο.

Εμπειρικά δεδομένα δείχνουν ότι, η αύξηση του υψομέτρου επηρεάζει άμεσα την αθλητική απόδοση αφού έχει πλέον τεκμηριωθεί ότι προκαλεί μείωση στη VO_2max . Συγκεκριμένα, σε αγωνίσματα όπου ο αερόβιος μηχανισμός έχει μεγαλύτερη συνεισφορά, τότε παρουσιάζεται σημαντική μείωση στην αθλητική απόδοση. Σύμφωνα με τους Jackson & Sharkey (1998), ο ρυθμός μείωσης της VO_2max σε αθλητές αντιστοιχεί σε 1% ανά 305μ πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Το ερώτημα κατά πόσο η υποξική προπόνηση μπορεί να έχει θετική επίδραση στην αθλητική απόδοση εξετάζεται στην επόμενη ενότητα.

2.4.1 Οι επιδράσεις της υποξικής προπόνησης

Η προπόνηση άπνοιας αφορά μια μορφή υποξικής προπόνησης δηλαδή, κάτι αντίστοιχο με την προπόνηση σε υψόμετρο αφού κοινός παρονομαστής είναι η μειωμένη παροχή του εισπνεόμενου οξυγόνου. Οι Schagatay et al., (2000), παραθέτουν στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν ότι η άπνοια είναι προπονήσιμη. Τα αποτελέσματα της προπόνησης άπνοιας, είναι εμφανέστερα τόσο στο καταδυτικό αντανακλαστικό όσο και στη διάρκεια της άπνοιας.

Οι Richardson et al., (2005), επιβεβαιώνουν τη μεγαλύτερη αύξηση της αιμοσφαιρίνης λόγω άπνοιας στους δύτες σε σχέση με τους σκιέρ και την ομάδα

ελέγχου. Παρόλο που οι αιματολογικές αλλαγές χάθηκαν μέσα στα επόμενα δέκα λεπτά, η διάρκεια άπνοιας στην πλειοψηφία των δυτών αυξήθηκε επιβεβαιώνοντας την εντονότερη απόκριση λόγω προπόνησης.

Επιπροσθέτως, οι Julia et al., (2009), υποστηρίζουν ότι η προπόνηση άπνοιας προσδίδει ανοχή σε καταστάσεις υποξίας και μπορεί να εφαρμοστεί σαν μέτρο αντιμετώπισης συνθηκών υποβαρικής υποξίας ή ακόμα και άσθματος (δεν γνωρίζουμε εάν αφορά ξηρή ή άπνοια στο νερό).

Η άπνοια και ειδικότερα η προπόνηση άπνοιας, επιφέρουν φυσιολογικές προσαρμογές στους ασκούμενους με χαρακτηριστικότερη απόκριση τη σύσπαση του σπλήνα και την επακόλουθη αύξηση της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη. Όμως, όπως και η προπόνηση σε υψόμετρο, τα αποτελέσματα αυτά δεν συνιστούν μακροπρόθεσμα οφέλη. Για παράδειγμα, οι Schagatay et al., (2005), και οι Espersen et al., (2002), παραθέτουν στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν ότι οι αυξήσεις σε αυτές τις τιμές διαρκούν μόνο λίγα λεπτά. Παρόλα αυτά όμως, οι επαναλαμβανόμενες άπνοιες συνιστούν ένα εργαλείο αύξησης της απόδοσης π.χ. όταν αυτές εφαρμοστούν πριν από ένα αγώνα κολύμβησης. Δεν γνωρίζουμε όμως εάν αναφέρονται σε άπνοιες εντός ή εκτός νερού. Οι προπονήσεις άπνοιας συνιστούν μια εναλλακτική μέθοδο από τη χρήση ερυθροποιητίνης (rhEPO-Lemaître et al., 2010).

Οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις της προπόνησης άπνοιας ίσως είναι εμφανέστερες στην απόδοση των ελίτ δυτών. Συγκεκριμένα οι Lemaître et al., (2009), επιβεβαιώνουν την αύξηση κατανάλωσης οξυγόνου και του κορεσμού αρτηριακού οξυγόνου μετά από προπόνηση άπνοιας διάρκειας 3 μηνών. Αυτό δεν βελτίωσε την κολυμβητική τους απόδοση αφού η καθαρή (clean) ταχύτητα στα 50μ δεν αυξήθηκε. Όμως, σημειώθηκε μείωση στη συχνότητα χεριάς ενώ το μήκος χεριάς αυξήθηκε. Παρατηρήθηκε επίσης βελτίωση στο συντονισμό των χεριών. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η άπνοια αυξάνει την αποτελεσματικότητα σε άσκηση μέγιστης και υπο-μέγιστης έντασης με πιθανή βελτίωση στην τεχνική της κολύμβησης αφού υποβοηθά το συνεχές «γλίστρημα» στο νερό.

Οι Strzala et al., (2011), επίσης υποστηρίζουν ότι η υποξική προπόνηση μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη βελτίωση της απόδοσης των κολυμβητών. Οι ερευνητές ορίζουν ως υποξική προπόνηση τα κλασικά μοντέλα προπόνησης σε υψόμετρο π.χ. «ζω ψηλά και προπονούμαι χαμηλά» (LHTL) ή και το αντίστροφο καθώς και τις αντίστοιχες μεθόδους υποξικής έκθεσης π.χ. σε ειδικά δωμάτια. Επίσης τονίζουν ότι η υποξική προπόνηση μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα σε κολυμβητές οι οποίοι έχουν φτάσει σε πλατό και δεν μπορούν να έχουν περαιτέρω βελτίωση με τις κλασικές μεθόδους προπόνησης. Επισημαίνεται ότι, οι Mazzeo & Fulco (2006: 578), υποστηρίζουν ότι, για να υπάρξουν ουσιαστικές ευεργετικές επιδράσεις από το LHTL θα πρέπει το υψόμετρο να είναι τουλάχιστον 2,100 μ με διάρκεια παραμονής 16ώρες την ημέρα για περίπου 20 ημέρες και η ένταση της προπόνησης να διατηρείται στα χαμηλότερα υψόμετρα.

Η προπόνηση άπνοιας επιδρά στο μυϊκό μεταβολισμό του γλυκογόνου αυξάνοντας τα αποθέματα του και μειώνοντας την οξείωση του αίματος και το οξειδωτικό στρες μετά από άπνοια (Julia et al., 2003; Julia et al., 2002). Η καθυστέρηση στην οξείωση κατά την άσκηση μπορεί να έχει θετική επίδραση στην απόδοση.

Οι προπονημένοι δύτες έχουν μεγαλύτερους πνεύμονες συνεπώς, η προπόνηση άπνοιας ίσως βελτιώνει την απόδοση των αναπνευστικών μυών και

συνεπώς καθυστερεί την κόπωση σε παρατεταμένη και μέγιστη άσκηση (Nygren-Bonnier et al., 2007). Οι ελίτ δύτες έχουν την ικανότητα ανοχής σε παρατεταμένη άπνοια και σοβαρή υποξαιμία χωρίς να υφίστανται βλάβη στον εγκέφαλο ή λιποθυμίες. Οι Lemaître et al., (2009), θεωρούν ότι οι ελίτ δύτες αναπτύσσουν προστατευτικούς μηχανισμούς ενάντια στην υποξία αλλά και μηχανισμούς μείωσης συνολικής κατανάλωσης οξυγόνου.

Επίσης, τίθεται και άλλο ένα θέμα αναφορικά με την υποξία και τις επιδράσεις της στον ανθρώπινο οργανισμό. Συγκεκριμένα, η *υποξική προσαρμογή* (hypoxia preconditioning) συνιστά μια περίοδο συνήθως 1-2 ημέρες η οποία ακολουθεί την περίοδο υποξίας. Η περίοδος αυτή ‘προστατεύει’ τον άνθρωπο από πιθανή ασφυξία ή άλλο θανατηφόρο επεισόδιο (Sharp et al., 2004). Εικάζεται ότι, η απόκριση των δυτών σε άπνοια ίσως αφορά τόσο την ανάπτυξη του καταδυτικού αντανεκλαστικού όσο και την *υποξική προσαρμογή*. Σύμφωνα με τους Julia et al., (2009), οι δύτες παρουσίασαν υψηλότερη κυκλοφορία αίματος στον εγκέφαλο κατά την έκθεση τους σε παρατεταμένη υποβαρική υποξία σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Αυτό ερμηνεύτηκε ως ένας προστατευτικός μηχανισμός του εγκεφάλου ενάντια στην αλλαγή των αερίων στο αίμα. Οι Chavez et al., (2000), θεωρούν ότι η παρατεταμένη έκθεση σε υποβαρική υποξία οδηγεί σε αύξηση της πυκνότητας των τριχοειδών αγγείων στον εγκέφαλο. Συνεπώς, η προπόνηση άπνοιας ενώ αυξάνει την υποξαιμία, ταυτόχρονα αυτό επιδρά θετικά στην ανοχή σε ισχαιμία προκαλώντας υποξική προσαρμογή. Τέλος ο Μπούρδας (2012), υποστηρίζει ότι η προπόνηση άπνοιας έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην απόδοση σε αναερόβια δοκιμασία πιθανότατα λόγω μεταβολών στην οξεοβασική ισορροπία.

Συνοπτικά, η υποξική προπόνηση ή προπόνηση άπνοιας, φέρεται να έχει θετικές επιδράσεις όσον αφορά βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες φυσιολογικές προσαρμογές. Οι εμφανέστερες αφορούν την αύξηση της VO₂max και την καθυστέρηση οξειδωσης κατά την άσκηση, την αύξηση πυκνότητας των τριχοειδών αγγείων και την ανοχή σε ισχαιμία. Επιπροσθέτως, παρατηρείται βελτίωση στην απόδοση των αναπνευστικών μυών λόγω αύξησης του όγκου των πνευμόνων. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να εξετάσει λεπτομερέστερα τις φυσιολογικές επιδράσεις της υποξικής προπόνησης στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς και τις επιπτώσεις στην αθλητική απόδοση.

Συμπερασματικά, η εμπειρία ή/και η εξοικείωση σε συνθήκες άπνοιας – υποξίας συνιστά μία ακόμη παράμετρο η οποία δυνητικά επηρεάζει τα ερευνητικά αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Συνεπώς, επιλέχθηκε μια σχετικά ομοιογενής ομάδα όσον αφορά αυτή την παράμετρο θεωρώντας ότι οι κολυμβητές έχουν ένα μέτριο επίπεδο εξοικείωσης με την άπνοια και παράλληλα αντίστοιχο με αυτό των τριαθλητών. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα της έρευνας αφορούν μόνο αυτή την ομάδα και πιθανές διαφορές ανάμεσα στους κολυμβητές μπορούν να αποδοθούν σε μεταβλητές όπως προηγούμενη ενασχόληση με τεχνική κολύμβηση και καταδύσεις. Όσοι κατά τη διάρκεια της έρευνας ασχολούνταν ακόμα με καταδύσεις ή με τεχνική κολύμβηση είχαν αποκλειστεί από το δείγμα.

2.5 Το «cold shock response» και το «καταδυτικό αντανεκλαστικό»

Οι Shattock και Tipton (2012), υποστηρίζουν ότι η βύθιση σε κρύο νερό και η άπνοια οδηγούν σε δύο δυνατές αλλά παράλληλα και ανταγωνιστικές αποκρίσεις: (α) το “cold shock response” (CSR) το οποίο διεγείρει το

συμπαθητικό και προκαλεί ταχυκαρδία και το (β) *καταδυτικό αντανακλαστικό* (KA), το οποίο διεγείρει το παρασυμπαθητικό προκαλώντας βραδυκαρδία. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ταυτόχρονη ενεργοποίηση των δύο αντιφατικών αυτών αντανακλαστικών μπορεί να οδηγήσει επιρρεπή άτομα σε αρρυθμίες. Η βύθιση σε παγωμένο νερό ενεργοποιεί άμεσα το αντανακλαστικό CSR κατά το οποίο στην πρώτη φάση, η οποία φτάνει στο μέγιστο σημείο μέσα σε 30 δευτερόλεπτα και διαρκεί μέχρι 3 λεπτά, η καρδιακή συχνότητα καθώς και η αρτηριακή πίεση ανεβαίνουν σε υψηλά επίπεδα.. Επιπροσθέτως, ο πάσχοντας ανασαίνει βαθιά και γρήγορα γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην ανεπιθύμητη είσοδο νερού στους πνεύμονες και συνεπώς σε πνιγμό. Για τις φάσεις και τις αντίστοιχες αποκρίσεις σε παρατεταμένη έκθεση σε κρύο νερό (>15') βλέπε Golden & Hervey (1981). Το CSR, αντίθετα με άλλα αντανακλαστικά, δεν φαίνεται να έχει θετική επίδραση, όμως η ενεργοποίηση του είναι συχνή μέσω εθελούσιας ή μη απότομης βύθισης σε κρύο νερό. Οι παράγοντες που μπορούν να μειώσουν τις αποκρίσεις του CSR συνιστούν εκτός από την ενδυμασία, την εξοικείωση στο κρύο αλλά και το κράτημα της αναπνοής (Shattock & Tipton, 2012). Το τελευταίο συνιστά την ενεργοποίηση του KA αλλά παράλληλα ίσως και τη *σύγκρουση* των δύο συστημάτων.

Σε αντίθεση με το CSR, το KA προκαλεί μείωση της καρδιακής συχνότητας καθώς και της αιματικής ροής στο δέρμα αλλά σαν αντιστάθμισμα προκαλεί επίσης την αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Οι ερευνητές χαρακτηρίζουν την ταυτόχρονη ενεργοποίηση των δύο αντιφατικών αντανακλαστικών ως *«autonomic conflict»*. Η πρόταση των ερευνητών χρήζει εκτενέστερης μελέτης για την λήψη ασφαλών συμπερασμάτων. Για παράδειγμα, οι Gagnon et al., (2013), κατέδειξαν ότι στα πρώτα δευτερόλεπτα της βύθισης του προσώπου σε κρύο νερό το CSR κυριαρχεί στο KA όπως φαίνεται σε αναπνευστικές παραμέτρους. Επισημαίνεται ότι υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης κοιλιακών αρρυθμιών και ειδικότερα μετά τη λήξη του κρατήματος της αναπνοής.

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν οι φυσιολογικές αποκρίσεις των κολυμβητών πριν και μετά από σύντομη άσκηση με ταυτόχρονη άπνοια και έκθεση του προσώπου σε κρύο νερό ($10 \pm 1,05^{\circ}\text{C}$). Αρχική υπόθεση ήταν ότι οι αποκρίσεις (καρδιο-αναπνευστικές και μεταβολικές) θα αντιστοιχούσαν με τα χαρακτηριστικά ενεργοποίησης του KA και του CSR. Η μελέτη συνιστά βασική έρευνα έτσι επιλέχθηκαν ως δοκιμαζόμενοι κολυμβητές οι οποίοι έχουν υψηλό βαθμό εξοικείωσης με το νερό και ικανοποιητική εξοικείωση σε συνθήκες άπνοιας. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να επεκτείνει τις μετρήσεις σε διαφορετικές ομάδες αθλητών με αντίστοιχα επίπεδα εξοικείωσης με το νερό και την άπνοια για γενίκευση των αποτελεσμάτων.

2.6 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο εξετάστηκαν μελέτες αναφορικά με την επίδραση του ψύχους στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς επίσης τις συνθήκες υποξίας και ειδικότερα την υποξική προπόνηση. Επιπροσθέτως, οι προηγούμενες μελέτες κατέδειξαν κοινούς παρονομαστές όσον αφορά την επίδραση του ψύχους με αυτούς του CSR και της άπνοιας με το KA αντίστοιχα. Συνεπώς, εντοπίστηκαν συγκεκριμένες παράμετροι οι οποίες αποτελούν τις μεταβλητές της παρούσας έρευνας καθώς και η σημαντικότητα τους.

Παρόλο που οι συνθήκες ψύχους και άπνοιας επηρεάζουν όλα τα λειτουργικά συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, η μελέτη εστιάζεται στις

αναπνευστικές, μεταβολικές και καρδιαγγειακές παραμέτρους. Περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει ορμονικές παραμέτρους όσον αφορά τα δύο αντανακλαστικά. Εντούτοις, ίσως η βάση για την πλήρη κατανόηση των επιδράσεων του ψύχους και της άπνοιας στη φυσιολογία του ανθρώπινου οργανισμού αποτελεί η γενετική προσέγγιση.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση κατέδειξε κυρίως την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά την πιθανότητα ταυτόχρονης ενεργοποίησης του συμπαθητικού και του παρασυμπαθητικού κατά την έκθεση σε συνθήκες ψύχους και άπνοιας επιβεβαιώνοντας τη σοβαρότητα και την πρωτοτυπία του θέματος. Επιπροσθέτως, εντοπίστηκαν ασαφή σημεία όσον αφορά τα δύο αντανακλαστικά όπως η πιθανή αλληλεπίδραση τους. Ασαφής είναι επίσης η πιθανή επίδραση της θέσης του σώματος στην ένταση της εκδήλωσης των δύο αντανακλαστικών.

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη έχει σκοπό να καλύψει ορισμένα βιβλιογραφικά κενά στοχεύοντας παράλληλα στο να προσδώσει εμπειρικά δεδομένα στο ερευνητικό ερώτημα αναφορικά με την πιθανή ταυτόχρονη ενεργοποίηση δύο αντιφατικών αντανακλαστικών σε εργαστηριακό περιβάλλον. Συνοπτικά αποτελέσματα προηγούμενων μελετών παρουσιάζονται στον Πίνακα A8.1. (Παράρτημα A).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η μελέτη εξέτασε για πρώτη φορά την επίδραση της άπνοιας και του ψύχους πριν και μετά από σύντομη έντονη άσκηση σε κολυμβητές φοιτητές στη Σχολή Ε.Φ.Α.Α. Αθηνών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι δύο αυτές συνθήκες υποκινούν δύο ανταγωνιστικές αποκρίσεις. Συγκεκριμένα, η έκθεση στο ψύχος διεγείρει το συμπαθητικό και προκαλεί ταχυκαρδία ενώ η άπνοια διεγείρει το παρασυμπαθητικό και επιφέρει βραδυκαρδία. Οι συνθήκες αυτές ενδέχεται να προξενούν την άμεση και ταυτόχρονη ενεργοποίηση: α) της απόκρισης στο κρύο - “cold shock response” (CSR) και του (β) καταδυτικού αντανακλαστικού (ΚΑ) αντίστοιχα.

Για την επιβεβαίωση ή μη των παραπάνω υποθέσεων, μετρήθηκαν και καταγράφηκαν οι αναπνευστικές, καρδιαγγειακές και μεταβολικές αποκρίσεις των κολυμβητών (N=10) στην άπνοια με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό πριν και μετά από άσκηση. Η άσκηση αφορούσε 3-λεπτο περπάτημα σε δαπεδοεργόμετρο με κλίση και με προοδευτικά αυξανόμενη επιβάρυνση (μέχρι το 85% της VO₂max για τον κάθε δοκιμαζόμενο. Η δοκιμασία στόχευε στην προσομοίωση της έναρξης του κολυμβητικού μέρους του τριάθλου (είσοδο αθλητών στη θάλασσα) και στην καταγραφή των αναπνευστικών, καρδιαγγειακών και μεταβολικών αποκρίσεων των αθλητών. Για πρακτικούς λόγους, αντί για βύθιση ολόκληρου του σώματος, η βύθιση αφορούσε μόνο το πρόσωπο σε λεκάνη με κρύο νερό η οποία όμως θεωρείται επαρκής για την ενεργοποίηση του αντανακλαστικού κατάδυσης. Για σκοπούς ελέγχου, εφαρμόστηκε συνθήκη άπνοιας σε όλους του δοκιμαζόμενους στην ηρεμία. Η μελέτη συνιστούσε βασική έρευνα και περιορίστηκε σε δείγμα εθελοντών.

Οι πειραματικές δοκιμασίες επιτελέστηκαν σε θερμο-ουδέτερο περιβάλλον (25⁰C) με τη συνεχή χρήση συστήματος κλιματισμού. Η θερμοκρασία του νερού για τη βύθιση του προσώπου διατηρήθηκε στους 10⁰C (±1,05) προσθέτοντας παγάκια πριν από την έναρξη της κάθε δοκιμασίας.

3.1 Δοκιμαζόμενοι

Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά δέκα κολυμβητές οι οποίοι αποτέλεσαν ταυτόχρονα την πειραματική ομάδα (N=10) και την ομάδα ελέγχου (N=10) ανάλογα με τον πειραματικό χειρισμό στον οποίο υποβλήθηκαν κατά τις προγραμματισμένες μετρήσεις. Όλοι με εξαίρεση 1 άτομο, είναι φοιτητές στη Σχολή Ε.Φ.Α.Α. Αθηνών ενώ οι επτά έχουν κύρια ενασχόληση την κολύμβηση. Ο ένας δοκιμαζόμενος ο οποίος δεν προέρχεται από τη Σχολή Ε.Φ.Α.Α. είναι μέλος κολυμβητικής ομάδας με παρόμοια χαρακτηριστικά με τα υπόλοιπα άτομα. Δύο δοκιμαζόμενοι είναι αθλητές στο κανόε καγιάκ και άλλος ένας στην υδατοσφαίριση. Επισημαίνεται ότι, μόνο ένα άτομο δήλωσε ότι έχει ασχοληθεί στο παρελθόν με τεχνική κολύμβηση και άλλα δύο με καταδύσεις.

Οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να έχουν την ικανότητα να κρατήσουν την αναπνοή τους τουλάχιστον για 40 δευτ. έτσι ώστε να εκδηλωθεί πλήρως το καταδυτικό αντανακλαστικό. Για σκοπούς ελέγχου του παράγοντα *Φυσική Κατάσταση*, αξιολογήθηκε η VO₂max των δοκιμαζομένων με δοκιμασία άσκησης

σε δαπεδοεργόμετρο με κλίση και με τη χρήση φορητού εργοσπιρόμετρου. Η δοκιμασία αυτή καθόρισε την ένταση της άσκησης πριν από τη 2^η άπνοια. Συγκεκριμένα, η επιβάρυνση για τον κάθε δοκιμαζόμενο ήταν για το 1^ο λεπτό στο 55% της VO₂max, για το 2^ο λεπτό στο 65% και για το 3^ο και τελευταίο λεπτό μέχρι το 85% της VO₂max. Ο παράγοντας *Φυσική Κατάσταση* αποτέλεσε ανεξάρτητη μεταβλητή η οποία πιθανόν να είχε επίδραση στην ένταση εκδήλωσης του ΚΑ. Προς αποφυγήν τυχόν διαφορών λόγω φύλου, επιλέχθηκαν μόνο άρρενες παρόλο που πρόσφατη έρευνα δεν έδειξε ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα όσον αφορά τη διάρκεια άπνοιας (Χερουβείμ, 2008).

Καταγράφηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων για περαιτέρω διευκόλυνση της ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Οι κύριες παράμετροι συνιστούσαν το σωματικό ύψος, το σωματικό βάρος και τέσσερις δερματοπτυχές. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίστηκε ο Δείκτης Μάζας Σώματος, το ποσοστό λίπους, η άλιπη σωματική μάζα κλπ.. Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό της πυκνότητας σώματος (d) εφαρμόστηκε η εξίσωση των Durnin & Womersley, (1974). Η τιμή (d) εφαρμόστηκε στην εξίσωση Siri – και οι δύο εξισώσεις αφορούσαν ανδρικό πληθυσμό. Το δείγμα είναι ομοιογενές με μικρές παρεκκλίσεις από το μέσο όρο. Τέλος, δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να υπολογιστεί η επιφάνεια σώματος δεδομένης της βύθισης μόνο του προσώπου σε κρύο νερό.

3.2 Πειραματικές διαδικασίες

Οι πειραματικές διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν σε δύο διακριτές φάσεις: (α) τις προκαταρκτικές μετρήσεις και (β) το κύριο πειραματικό πρωτόκολλο.

3.2.1 Προκαταρκτικές μετρήσεις

Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να κατανοούν πλήρως τις πειραματικές διαδικασίες και να είναι εξοικειωμένοι με αυτές. Για αυτό το λόγο, δόθηκε σε όλους τους υποψήφιους δοκιμαζόμενους πριν από την προσέλευση τους στο εργαστήριο ένα ενημερωτικό έντυπο (βλέπε «Έντυπο ενημέρωσης και συγκατάθεσης των δοκιμαζομένων», Παράρτημα Α). Επιπροσθέτως, πριν από την κύρια δοκιμασία, προηγήθηκε αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης και καταγραφή των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζομένων. Αυτά κρίνονται απαραίτητα στοιχεία για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η πρώτη επαφή με τους δοκιμαζόμενους στον εργαστηριακό χώρο είχε σαν στόχο τη γνωριμία και την εξοικείωση τους με τα όργανα μέτρησης και την έγγραφη συγκατάθεση τους να συμμετέχουν στην έρευνα. Στη συνέχεια, μετά από την ενημέρωση των ενδιαφερομένων και τη συγκατάθεση τους να συμμετέχουν στην έρευνα με την παρουσία μάρτυρα, υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση της φυσικής τους κατάστασης. Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκε η VO₂max των συμμετεχόντων με δοκιμασία σε δαπεδοεργόμετρο μέγιστης διάρκειας 15 λεπτών σύμφωνα με το πρωτόκολλο Bruce (ACSM, 2007:142).

Επιπροσθέτως, καταγράφηκαν συμπληρωματικές πληροφορίες αναφορικά με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων όπως σωματικό ύψος, σωματικό βάρος, δερματοπτυχές κλπ. Εφαρμόστηκαν στατιστικοί έλεγχοι στα δεδομένα για πιθανές ακραίες τιμές με στόχο τη διασφάλιση της ομοιογένειας του δείγματος.

3.2.2 Το πρωτόκολλο

Η κύρια δοκιμασία περιελάμβανε τρεις βασικές συνθήκες: (α) ηρεμία, (β) βύθιση του προσώπου σε πρηνή θέση πριν την άσκηση και (γ) βύθιση του προσώπου σε πρηνή θέση μετά την άσκηση. Όσον αφορά τη συλλογή αίματος για τον προσδιορισμό των μεταβολικών αλλαγών έγινε λήψη αίματος από νοσηλεύτρια στις τρεις αυτές φάσεις και άμεση ανάλυση του δείγματος από τον αυτόματο αναλυτή i-Stat (CG4+, Abbot Point of Care Inc., U.S.A.). Η αρτηριακή πίεση μετρήθηκε επίσης με χειροκίνητο μανόμετρο (Medel, France) κατά τις τρεις αυτές φάσεις ενώ υπήρξε συνεχής καταγραφή της καρδιακής συχνότητας ανά 5 δευτερόλεπτα μέσω τηλεμετρίας (Polar S610i, Finland). Τα δεδομένα μεταφέρθηκαν αργότερα μέσω ειδικού *interface* στον υπολογιστή. Επίσης, οι δοκιμαζόμενοι ήταν συνδεδεμένοι με το οξύμετρο (MD300C1, Beijing Choice Electronic Tech. Co. Ltd, China) καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας εκτός από την άσκηση για πρακτικούς λόγους. Οι αναπνευστικές αποκρίσεις καταγράφηκαν για δύο λεπτά στην ηρεμία και αμέσως μετά από τις δύο άπνοιες (VO2000, Breeze Lite, Medical Graphics Corp., U.S.A.). Στη συνθήκη ηρεμίας οι δοκιμαζόμενοι ήταν αρχικά σε καθιστή, αργότερα σε όρθια θέση και τέλος σε πρηνή θέση όπου ακολούθησε βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό για 40 δευτερόλεπτα. Αμέσως μετά την άπνοια έγινε συλλογή των αναπνευστικών αερίων μέσω του σπιρόμετρου και επαναφορά σε καθιστή θέση για τη λήψη αίματος. Μετά την παρέλευση 10 λεπτών, και εφόσον ο δοκιμαζόμενος ένιωθε έτοιμος, ακολουθούσε η τρίτη και τελευταία φάση της δοκιμασίας. Η φάση αυτή συνιστούσε 3-λεπτο περπάτημα σε δαπεδοεργόμετρο με κλίση (Technogym, Italy) και με προοδευτική αύξηση της επιβάρυνσης αρχίζοντας από το 55% στο 65% και τέλος στο 85% της VO₂max. Η απόλυτη επιβάρυνση ήταν διαφορετική για τον κάθε δοκιμαζόμενο και προσδιορίστηκε με βάση τα αποτελέσματα από την σπιρομέτρηση. Οι συνιστώσες αφορούσαν τόσο την ταχύτητα όσο και το ποσοστό κλίσης στο δαπεδοεργόμετρο. Αμέσως μετά την άσκηση, οι δοκιμαζόμενοι επανέλαβαν την άπνοια σε πρηνή θέση με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό. Η διάρκεια της 2^{ης} άπνοιας ήταν επιλογή του κάθε δοκιμαζόμενου δεδομένου ότι εκτός από βιοχημικούς, ψυχολογικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την αίσθηση δυσφορίας (Lin et. al., 1974, Courteix et al., 1993). Οι δοκιμαζόμενοι διέκοπταν τη 2^η άπνοια κατά μέσο όρο στα 11,2±3,16 δευτερόλεπτα. Η τελική θέση του σώματος ήταν και πάλι η καθιστή θέση όπου γινόταν η τελευταία λήψη αίματος καθώς και μέτρηση και καταγραφή της αρτηριακής πίεσης.

Αναλυτικότερα, αφού εφαρμόστηκε στους δοκιμαζόμενους το καρδιοσυχνόμετρο το οποίο έδινε συνεχή καταγραφή της καρδιακής συχνότητας τηλεμετρικά, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την ακόλουθη χρονολογική σειρά. Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι ήταν σε καθιστή θέση για 10 λεπτά όπου στα τελευταία 5 λεπτά εν ηρεμία γινόταν η πρώτη λήψη αίματος, η συλλογή αναπνευστικών αερίων (για 2 λεπτά) και η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης. Ακολουθούσε βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό με το σώμα σε πρηνή θέση και με διάρκεια 40 δευτερολέπτων. Αμέσως μετά την άπνοια ακολουθούσε συλλογή των αναπνευστικών αερίων (για 2 λεπτά) μέσω του σπιρόμετρου και δεύτερη λήψη δείγματος αίματος αφού ο δοκιμαζόμενος είχε επανέλθει στην αρχική του θέση (καθιστή). Παράλληλα καταγραφόταν και η δεύτερη μέτρηση της αρτηριακής πίεσης. Μετά την παρέλευση 10' και εφόσον η καρδιακή συχνότητα του δοκιμαζόμενου είχε πλησιάσει τις τιμές ηρεμίας (3 λεπτά πριν από την άπνοια ηρεμίας 80,95±17,75, και 3 λεπτά πριν από την άσκηση 96,35±11,31)

ακολουθούσε η τρίτη και τελευταία φάση. Η τρίτη φάση συνιστούσε την τρίλεπτη άσκηση σε δαπεδοεργόμετρο με προοδευτική αύξηση στην επιβάρυνση ανά λεπτό μέχρι το 85% της VO_{2max} για τον κάθε δοκιμαζόμενο. Αμέσως μετά την άσκηση οι δοκιμαζόμενοι έκαναν τη δεύτερη άπνοια σε πρηνή θέση και με βύθιση του προσώπου σε λεκάνη με κρύο νερό. Στο τέλος της άπνοιας γινόταν και πάλι συλλογή των αναπνευστικών αερίων σε πρηνή θέση. Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης με ταυτόχρονη λήψη αίματος γίνονταν σε καθιστή θέση. Στον Πίνακα 3.1 συνοψίζονται οι πειραματικές διαδικασίες με την αντίστοιχη χρονολογική σειρά και τις μετρήσεις όσον αφορά τις πειραματικές συνθήκες και τις θέσεις σώματος. Για παράδειγμα, οι αναπνευστικές μεταβλητές, μετρήθηκαν στην αρχική θέση της ηρεμίας και αμέσως μετά τις δύο άπνοιας όταν ακόμα ο δοκιμαζόμενος ήταν σε πρηνή θέση. Αντίθετα, οι μεταβολικές παράμετροι, οι οποίες υπολογίστηκαν από τον αυτόματο αναλυτή με λήψη αίματος, γίνονταν πάντοτε σε καθιστή θέση. Η ΚΣ αποτελεί παράμετρο η οποία καταγραφόταν συνεχώς με τηλεμετρία ενώ η Α.Π. μετριόταν πάντοτε σε καθιστή θέση πριν και μετά τις δύο άπνοιας.

Πίνακας 3.1. Πειραματικό Πρωτόκολλο – πειραματικές συνθήκες, θέση σώματος και μεταβλητές οι οποίες μετρήθηκαν σε κάθε πειραματική φάση

Συνθήκη	Θέση Σώματος	Μεταβλητές
Ηρεμία	Καθιστή	καρδιαγγειακές, αναπνευστικές, μεταβολικές & αέρια αίματος*
Βύθιση προσώπου στην Ηρεμία	Πρηνή	ΚΣ, αναπνευστικές
Βύθιση προσώπου μετά από Άσκηση	Καθιστή	καρδιαγγειακές, μεταβολικές & αέρια αίματος *
	Πρηνή	ΚΣ, αναπνευστικές
	Καθιστή	καρδιαγγειακές, μεταβολικές & αέρια αίματος *

Καρδιαγγειακές: ΚΣ, ΑΠ, αναπνευστικές: RER, RR, VE, VCO_2 , VO_2 , Vt, μεταβολικές & αέρια αίματος: BE, HCO_3 , p.H., La+, $TCO_2 + PCO_2$, PO₂

*Δειγματοληψία αίματος

Υπενθυμίζεται ότι, το πρωτόκολλο είχε σαν στόχο την προσομοίωση της έναρξης του κολυμβητικού μέρους του τριάθλου σε εργαστηριακό περιβάλλον και τον εντοπισμό των φυσιολογικών αποκρίσεων σε αυτή τη φάση του αγώνα.

3.2.3 Μεταβλητές

Οι καρδιαγγειακές μεταβλητές στην παρούσα μελέτη συνιστούν την καρδιακή συχνότητα (Polar S610i, Finland) και την αρτηριακή πίεση (Medel, France).

Οι αναπνευστικές αποκρίσεις στην ηρεμία και στην άπνοια επικεντρώνονται στις εξής παραμέτρους: (α) ρυθμός αναπνοής (RR), (β) πνευμονικός αερισμός (VE), (γ) κατανάλωση οξυγόνου (VO_2), (δ) παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2), (ε) αναπνεόμενος όγκος (Vt), (στ) αναπνευστικό πηλίκιο (RER), (ζ) μερικές πιέσεις αναπνευστικών αερίων (PO₂, PCO₂) και (η) κορεσμός οξυγόνου στο φλεβικό αίμα (SO₂). Οι έξι πρώτες μεταβλητές υπολογίστηκαν με τη χρήση σπιρόμετρου (VO2000 Breeze Suite) στην πρώτη φάση της ηρεμίας και μετά τις δύο άπνοιας. Συγκεκριμένα, καταγράφηκε ο ρυθμός αναπνοής (RR), ο πνευμονικός αερισμός (VE_{BTPS}), ο αναπνεόμενος όγκος (Vt), το αναπνευστικό πηλίκιο (RER) και τα αναπνευστικά αέρια VO_2 και VCO_2 δύο λεπτά στην αρχική φάση της δοκιμασίας δηλαδή στην ηρεμία και αμέσως μετά τις άπνοιας για 2 λεπτά (συνολικά σε τρεις φάσεις).

Οι μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων και ο κορεσμός οξυγόνου υπολογίστηκαν επίσης σε τρεις φάσεις με τη λήψη φλεβικού αίματος μέσω

σύριγγας. Τα αποτελέσματα εμφανίστηκαν μετά την τοποθέτηση του ειδικού φυσιγγίου CG4 στον αυτόματο αναλυτή i-Stat σχεδόν άμεσα.

Οι μεταβολικές παράμετροι συνιστούν το pH, La⁺, BE, TCO₂, HCO₃ και αποτελούν δείκτες οξέωσης-αλκάλωσης του αίματος (i-STAT[®] System, Abbott Point of Care Inc., USA).

Όλες οι μεταβλητές οι οποίες εξετάζονται στην παρούσα μελέτη συνοψίζονται στον Πίνακα 3.2:

Πίνακας 3.2. Εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές αναφορικά με το καταδυτικό αντανακλαστικό και την απόκριση στο κρύο. Οι εξαρτημένες μεταβλητές κατηγοριοποιούνται σε καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές σε ελεγχόμενες και μη ελεγχόμενες, στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και στη φυσική κατάσταση των δοκιμαζομένων.

Μεταβλητές	Καταδυτικό Αντανακλαστικό	Απόκριση στο Κρύο
<i>Εξαρτημένες Μεταβλητές</i>		
Καρδιαγγειακές	<ul style="list-style-type: none"> Καρδιακή συχνότητα Αρτηριακή πίεση 	<ul style="list-style-type: none"> Καρδιακή συχνότητα Αρτηριακή πίεση
Αναπνευστικές	<ul style="list-style-type: none"> SO₂ VO₂, VCO₂ P_{O2}, P_{CO2} RER, RR, VE, Vt, 	<ul style="list-style-type: none"> SO₂ VO₂, VCO₂ P_{O2}, P_{CO2} RER, RR, VE, Vt,
Μεταβολικές	<ul style="list-style-type: none"> pH αίματος γαλακτικό αίματος BE, HCO₃, TCO₂ αίματος, 	<ul style="list-style-type: none"> pH αίματος γαλακτικό αίματος BE, HCO₃, TCO₂ αίματος,
<i>Ανεξάρτητες Μεταβλητές - ελεγχόμενες</i>		
Πειραματική Συνθήκη	<ul style="list-style-type: none"> Ηρεμία Άπνοια στην ηρεμία Άπνοια μετά από άσκηση 	
<i>Ανεξάρτητες Μεταβλητές – μη ελεγχόμενες</i>		
Ανθρωπομετρικά Χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"> Σωματικό Βάρος, Σωματικό ύψος Δείκτης Μάζας Σώματος, % Λίπους 	
Φυσική Κατάσταση	<ul style="list-style-type: none"> VO_{2max} 	

SO₂ : % κορεσμού φλεβικού αίματος σε O₂

Για την καταμέτρηση και την καταγραφή των προαναφερθέντων μεταβλητών, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα όργανα και εργαστηριακός εξοπλισμός τα οποία συνοψίζονται στην ακόλουθη ενότητα.

3.2.4 Εξοπλισμός

Αναφορικά με τις μεταβλητές της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα όργανα και εργαστηριακός εξοπλισμός:

Καρδιαγγειακές παράμετροι:

- Παλμικό οξύμετρο (MD200C1, Beijing Choice Electronic Tech Co. Ltd, China)
- Καρδιοσυχνόμετρο (Polar S610i, Finland)
- Χειροκίνητο μανόμετρο (Medel, France)

Μεταβολικές παράμετροι:

- Αυτόματος αναλυτής (i-STAT[®] System, Abbott Point of Care Inc., USA)
- Αιματολογικά αναλώσιμα για τη συλλογή αίματος (σύριγγες, βελόνες, ειδικά φυσιγγία CG4+ κλπ)

- Αναλώσιμα για υγιεινή συλλογή αίματος (βαμβάκι, οινόπνευμα, επίδεσμοι, κλπ)

Αναπνευστικές Παράμετροι και Φυσική Κατάσταση:

- Παλμικό οξύμετρο (MD200C1, Beijing Choice Electronic Tech Co. Ltd, China)
- Ανοικτό (φορητό) κύκλωμα εργοσπιρομέτρησης (VO2000 Breeze Lite, Medical Graphics Corp., U.S.A.).
- Δαπεδοεργόμετρο (TECHNOGYM, Italy)
- Λεκάνη και αντισηπτικό για απολύμανση των επιστομίων μετά από κάθε χρήση

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά:

- ζυγαριά ακριβείας 100 γραμμαρίων (SECA, USA)
- αναστημόμετρο (SECA, USA)
- δερματοπτυχόμετρο (Harpenden, UK)

Πριν από την έναρξη των (κύριων) πειραματικών διαδικασιών εφαρμόστηκε στον κάθε δοκιμαζόμενο το καρδιοσυχνόμετρο της Polar (S610i, Finland) για συνεχή καταγραφή της καρδιακής συχνότητας.

Η δειγματοληψία (φλεβικού) αίματος έγινε αρχικά εν ηρεμία και αμέσως μετά τις δύο άπνοιες πάντοτε σε καθιστή θέση για τον προσδιορισμό των μεταβολικών παραμέτρων όπως αναφέρονται πιο πάνω. Συγκεκριμένα, το φυσίγγιο CG4+ έδωσε τιμές για το γαλακτικό (La^+) και το pH αίματος, τις μερικές πιέσεις οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα (P_{O_2} , P_{CO_2}), τα διττανθρακικά (HCO_3) και το TCO_2 καθώς και για τον κορεσμό αίματος σε οξυγόνο. Η ΑΠ μετρήθηκε στην αρχική φάση της ηρεμίας και μετά τις άπνοιες πάντοτε σε καθιστή θέση (Medel, France). Επιπροσθέτως, για την ορθή και ομαλή διεξαγωγή των πειραματικών διαδικασιών χρησιμοποιήθηκαν:

- Χρονόμετρο για την καταμέτρηση της κάθε φάσης
- Θερμόμετρο νερού και θερμόμετρο περιβάλλοντος.
- Παγάκια και λεκάνη με κρύο νερό
- Δαπεδοεργόμετρο με δυνατότητα αύξησης της κλίσης και της ταχύτητας
- Πάγκος για να ξαπλώνουν οι δοκιμαζόμενοι σε πρηνή θέση
- Καρέκλα για την καθιστή (αρχική) θέση
- Τραπέζι για την εναπόθεση των οργάνων (αυτόματο αναλυτή, μανόμετρο, οξύμετρο, καρδιοσυχνόμετρο κλπ), αναλώσιμων και για τη διευκόλυνση λήψης αίματος και μέτρησης της αρτηριακής πίεσης.
- Τραπέζι για το εργοσπιρόμετρο και τον εξοπλισμό του

Οι μεταβλητές οι οποίες καταγράφηκαν κατά τις πειραματικές διαδικασίες αποτελούν πρωτογενή δεδομένα για την αποδοχή ή την απόρριψη των ερευνητικών υποθέσεων. Οι στατιστικές αναλύσεις οι οποίες εφαρμόστηκαν παρουσιάζονται συνοπτικά στην επόμενη ενότητα.

3.3 Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με το SPSS v.10.0 με βάση δύο άξονες: (α) περιγραφικά στατιστικά στοιχεία όπως μέσους όρους, τυπικές αποκλίσεις κλπ και (β) εφαρμογή στατιστικών τεστ για τον έλεγχο των ερευνητικών υποθέσεων. Οι ερευνητικές υποθέσεις απαιτούν δύο είδη στατιστικών ελέγχων: (α) ανάλυση διασποράς ανάμεσα στις εξαρτημένες μεταβλητές και (β) συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών (συντελεστές πολλαπλής συσχέτισης).

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, η έρευνα σχεδιάστηκε με βάση τρεις συνθήκες: (α) ηρεμία (β), βύθιση σε πρηνή θέση μετά από ηρεμία και (γ) βύθιση σε πρηνή θέση μετά από άσκηση. Αφού υπολογίστηκαν περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για όλες τις μεταβλητές (μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, μέγιστες και ελάχιστες τιμές), εφαρμόστηκαν συγκρίσεις για όλες τις τιμές ανάμεσα και μεταξύ των τριών συνθηκών με τη μέθοδο της απλής ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Στις περιπτώσεις όπου το F (ANOVA) ήταν στατιστικά σημαντικό εφαρμόστηκε ο έλεγχος (post-hoc) Bonferroni. Τέλος, έγινε έλεγχος για πιθανές συσχετίσεις ανάμεσα στις μεταβλητές εφαρμόζοντας το συντελεστή Pearson (r). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

Με βάση τα αποτελέσματα από τις στατιστικές αναλύσεις γίνεται αποδοχή ή απόρριψη των ερευνητικών υποθέσεων όπως αναφέρονται στο εισαγωγικό κεφάλαιο. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να στοχεύει στη συλλογή δεδομένων σε μεγαλύτερο δείγμα ούτως ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής εξισώσεων πρόβλεψης (regression analysis) αλλά και άλλων πολυμεταβλητών συναρτήσεων όπως structural equation modelling.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε τρεις διακριτές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα γίνεται αναφορά στις γενικές παραμέτρους της πειραματικής διαδικασίας και ειδικότερα στα χαρακτηριστικά του δείγματος των δοκιμαζομένων. Η επόμενη (δεύτερη) ενότητα εξετάζει την κύρια δοκιμασία και την περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων όπως προέκυψαν από αυτή. Η τρίτη και τελευταία ενότητα επικεντρώνεται στην αποδοχή ή στην απόρριψη των ερευνητικών υποθέσεων μέσω των αποτελεσμάτων των στατιστικών ελέγχων ANOVA και συντελεστών συσχέτισης. Τα αποτελέσματα τόσο από την περιγραφική στατιστική ανάλυση όσο και από τους στατιστικούς ελέγχους παρουσιάζονται σε 3 υπο-ενότητες: (α) καρδιαγγειακές (β) αναπνευστικές και (γ) μεταβολικές παραμέτρους.

4.1 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

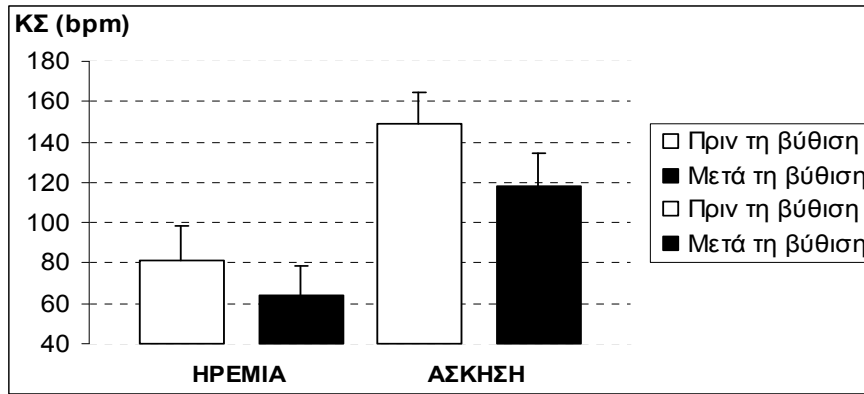
Οι ενότητες που ακολουθούν πραγματεύονται περιγραφικά στατιστικά στοιχεία αναφορικά με τα χαρακτηριστικά του δείγματος και τις φυσιολογικές αποκρίσεις μετά τις άπνοιες. Τα αποτελέσματα όσον αφορά τις φυσιολογικές παραμέτρους παρουσιάζονται στις εξής υπο-ενότητες: (α) καρδιαγγειακές, (β) αναπνευστικές) και (γ) μεταβολικές.

4.1.1 Το προφίλ των δοκιμαζομένων

Οι δοκιμαζόμενοι είναι 19-23 ετών φοιτητές στη Σχολή Ε.Φ.Α.Α. Αθηνών με κύριο άθλημα την κολύμβηση. Έχουν μέτριο ως υψηλό σωματικό ανάστημα και κανονικό σωματικό βάρος ενώ η φυσική τους κατάσταση (VO₂max) είναι μέτρια έως άριστη. Επίσης, το σωματικό τους λίπος είναι κατά μέσο όρο άριστο όπως και ο ΔΜΣ όπου με ελάχιστες εξαιρέσεις ξεπερνά το φυσιολογικό. Γενικότερα, το δείγμα είναι ομοιογενές τόσο όσον αφορά τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και τη φυσική κατάσταση των δοκιμαζομένων. Αυτό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων καθώς και για τη γενίκευση τους σε πληθυσμό με αντίστοιχα χαρακτηριστικά. Όσον αφορά το αθλητικό προφίλ των δοκιμαζόμενων, είναι αθλητές εν ενεργεία στα αγωνίσματα τους τόσο προπονητικά όσο και αγωνιστικά. Τέλος ως κολυμβητές μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν μέτρια εξοικείωση με το νερό και ειδικότερα με συνθήκες άπνοιας σε σχέση με τους επαγγελματίες απνοιστές.

4.1.2 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στην άπνοια πριν και μετά την άσκηση

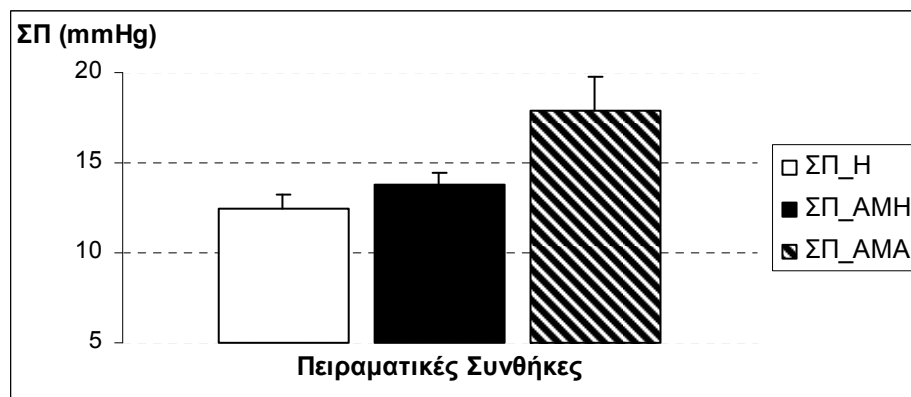
Εξετάζοντας τις καρδιακές συχνότητες των δοκιμαζομένων παρατηρείται πτωτική τάση μετά από κάθε άπνοια (γράφημα 4.1). Η αυξημένη μέση τιμή πριν από τη 2^η άπνοια οφείλεται στην 3-λεπτη άσκηση η οποία είχε προηγηθεί.



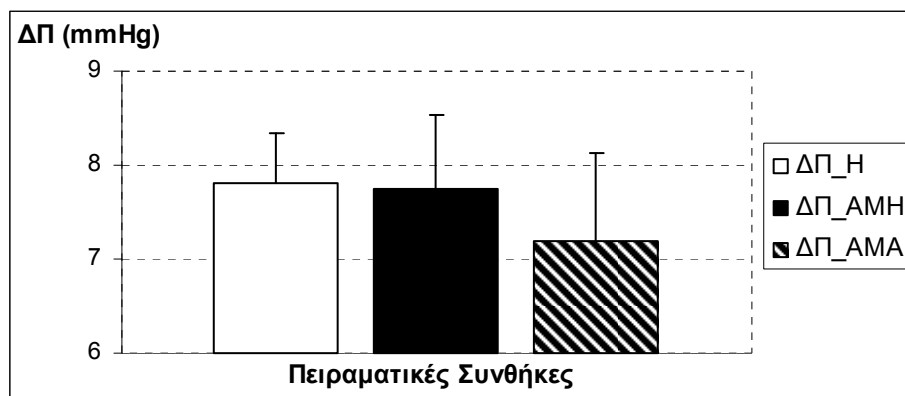
Γράφημα 4.1. Καρδιακή συχνότητα – κτύποι ανά λεπτό (ΚΣ bpm) κατά τις πειραματικές συνθήκες των δύο άπνοιων στην ηρεμία και μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικά σφάλματα.

Γενικότερα, η πτώση της καρδιακής συχνότητας είναι υψηλότερη σε απόλυτες τιμές κατά τη AMA σε σχέση με την AMH. Μόνο σε μία μόνο περίπτωση υπάρχει χαμηλότερη πτώση της καρδιακής συχνότητας σε απόλυτες τιμές κατά την AMA (άπνοια μετά από άσκηση) σε σχέση με την AMH (άπνοια μετά από ηρεμία). Αντίθετα, σε σχετικές τιμές (%), οι διαφορές δεν φαίνονται τόσο μεγάλες. Ο μέσος όρος στην πτώση της ΚΣ είναι $19,9 \pm 14\%$ και $20,4 \pm 8\%$ μετά την AMH και AMA αντίστοιχα. Επιπροσθέτως, εμφανίζονται και ορισμένες αρνητικές διαφορές στις ποσοστιαίες αλλαγές στην ΚΣ μεταξύ της AMH και της AMA. Αν και η διαφορά στην αλλαγή της ΚΣ μεταξύ της AMH και της AMA είναι απειροελάχιστη (0,01%) η διακύμανση είναι αρκετά υψηλή (13,7%). Συνεπώς, παρατηρείται μια ανισομορφία όσον αφορά την καρδιακή απόκριση στις άπνοιες.

Η αρτηριακή πίεση παρουσιάζει αμφιλεγόμενα αποτελέσματα. Η αύξηση της συστολικής πίεσης μετά τις άπνοιες και ειδικότερα μετά την AMA όπου είχε προηγηθεί η 3-λεπτη άσκηση είναι ξεκάθαρη (γράφημα 4.2). Αντιθέτως, η διαστολική πίεση δεν δίνει σαφή αποτελέσματα ως προς την τάση της μετά τις άπνοιες αν και γενικότερα φαίνεται να έχει πτωτική πορεία (γράφημα 4.3).

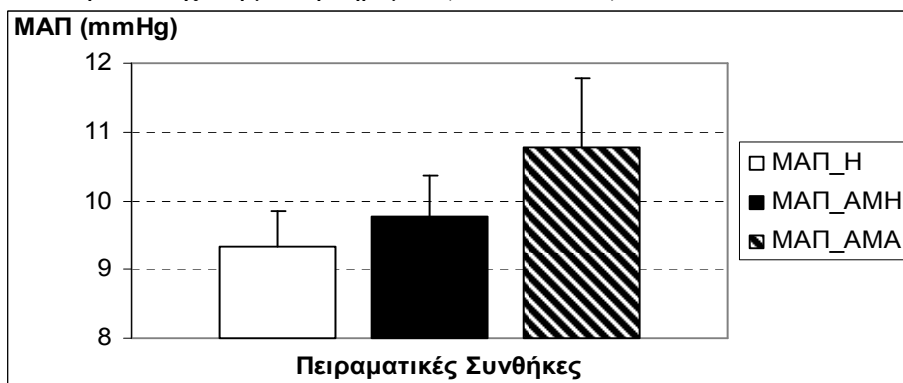


Γράφημα 4.2. Συστολική Πίεση(ΣΠ.–mmHg) κατά τις πειραματικές συνθήκες. Η: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία και, AMA: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικές αποκλίσεις.



Γράφημα 4.3. Διαστολική Πίεση (Δ.Π. –mmHg) κατά τις πειραματικές συνθήκες. Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία και, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικά σφάλματα.

Σύμφωνα με τις προηγούμενες έρευνες, τόσο λόγω του ΚΑ όσο και λόγω του CSR, η αρτηριακή πίεση αυξάνεται μετά από άπνοιες και έκθεση στο κρύο. Η μέση αρτηριακή πίεση (ΜΑΠ) υπολογίστηκε με την εφαρμογή του τύπου $[ΜΑΠ = ΔΠ + (ΣΠ-ΔΠ)/3]$. Στο γράφημα 4.4 παρατηρείται μια ελαφριά αύξηση της ΜΑΠ ιδιαίτερα μετά την ΑΜΑ. Η αλλαγή στις τιμές μεταξύ ηρεμίας και ΑΜΗ ($5 \pm 0,07\%$) είναι μικρή σε αντίθεση με την αλλαγή μετά την ΑΜΑ ($11 \pm 0,13\%$) και ειδικότερα σε σχέση με την ηρεμία ($15\% \pm 0,10\%$).



Γράφημα 4.4. Μέση Αρτηριακή Πίεση (ΜΑΠ–mmHg) κατά τις πειραματικές συνθήκες. Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία και, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικές αποκλίσεις.

4.1.3 Αναπνευστικές αποκρίσεις στην άπνοια πριν και μετά την άσκηση

Παρατηρείται αύξηση του ρυθμού αναπνοής και του πνευμονικού αερισμού μετά τις άπνοιες και ειδικότερα μετά την ΑΜΑ. Οι μέσοι όροι της ποσοστιαίας αύξησης του RR για την ΑΜΗ και την ΑΜΑ αντίστοιχα είναι $47 \pm 26\%$ και $124 \pm 112\%$ ενώ για τον VE είναι $18 \pm 0,42\%$ και $103 \pm 53\%$.

Σε ορισμένες περιπτώσεις κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών τα όργανα μέτρησης δεν έδιναν τιμές. Επισημαίνεται επίσης ότι, ο πρώτος δοκιμαζόμενος παρουσίασε 40% μείωση στον VE μετά την ΑΜΗ ενώ ο τέταρτος 20% σε αντίθεση με άλλους δοκιμαζόμενους από τους οποίους οι περισσότεροι παρουσίασαν τουλάχιστον μικρή αύξηση. Εμφανής είναι επίσης η υπέρμετρη αύξηση στον VE μεταξύ της ΑΜΗ και της ΑΜΑ όπου σε δύο περιπτώσεις ξεπερνά το 100%. Συγκεκριμένα, στον τρίτο δοκιμαζόμενο παρατηρείται αύξηση 157% και στον όγδοο 235%.

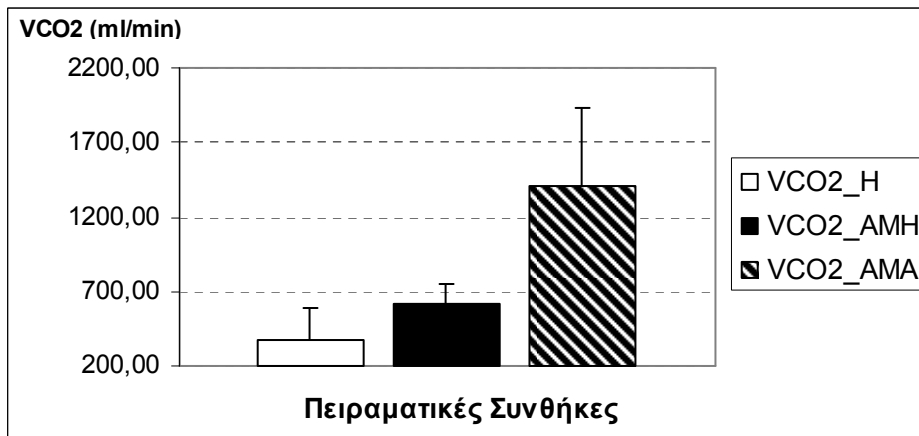
Το αναπνευστικό πηλίκο (RER) παρουσίασε αύξηση $21 \pm 30\%$ μετά την ΑΜΗ και $14 \pm 13\%$ μετά την ΑΜΑ. Σε σχέση με τη μέγιστη τιμή στη VO_{2max} η

αύξηση μετά την AMH είναι $8 \pm 10\%$ ενώ μετά την AMA υπήρξε μείωση $5 \pm 7\%$. Ο αναπνεόμενος όγκος (V_t) μειώθηκε μετά την AMH $6 \pm 52\%$ και αυξήθηκε μετά την AMA $30 \pm 80\%$. Σε σχέση με τη VO_{2max} λείπουν αρκετές τιμές λόγω δυσλειτουργίας του σπιρόμετρου.

Οι αλλαγές στην VO_2 και στην VCO_2 παρουσιάζονται στα γραφήματα 4.5 και 4.6 αντίστοιχα. Παρατηρείται σταδιακή άνοδος στην VCO_2 μετά την AMH $35,70 \pm 46\%$ και μετά την AMA $136,90 \pm 101\%$. Εξαίρεση αποτέλεσε ο δεύτερος δοκιμαζόμενος ο οποίος παρουσίασε μείωση 82% . Αντιθέτως, οι αλλαγές στην VO_2 δεν είναι ομαλές με χαμηλότερη αναλογική αύξηση μεταξύ της AMA και της AMH άπνοιας $52 \pm 11\%$ αλλά με υπέρμετρη αύξηση μεταξύ της AMA και της ηρεμίας $278 \pm 181\%$. Ο πρώτος δοκιμαζόμενος ήταν ο μοναδικός ο οποίος παρουσίασε μείωση στην κατανάλωση οξυγόνου μετά την AMH κατά 45% αλλά και μείωση (82%) στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα επίσης στην ίδια φάση.



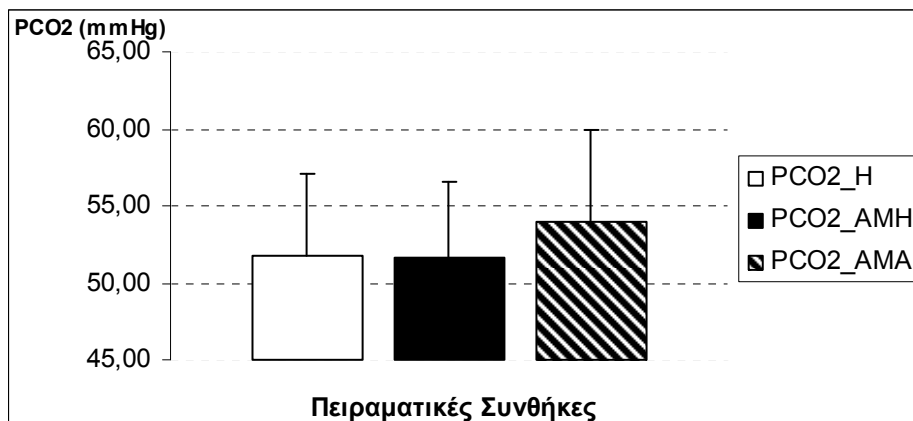
Γράφημα 4.5. Αλλαγές στην Κατανάλωση Οξυγόνου (VO_2 –ml/min) κατά τις πειραματικές φάσεις. H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία και, AMA: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικές αποκλίσεις.



Γράφημα 4.6. Αλλαγές στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2 –ml/min) κατά τις πειραματικές φάσεις. H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία και, AMA: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικές αποκλίσεις.

Όσον αφορά τις μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων (P_{O_2} , P_{CO_2}) μεταξύ ηρεμίας και AMH παρατηρήθηκε αύξηση της P_{O_2} κατά μέσο όρο $38 \pm 46\%$ ενώ για την P_{CO_2} μείωση $3 \pm 5\%$. Ανάμεσα στην AMH και στην AMA η P_{O_2} μειώθηκε μόνο κατά $8 \pm 17\%$ ενώ η P_{CO_2} παρουσίασε αύξηση $5 \pm 5\%$. Η P_{O_2} μεταξύ της AMA και της ηρεμίας είχε επίσης αύξηση $31 \pm 51\%$ και αντίστοιχα η P_{CO_2} $2 \pm 0,30\%$.

Επισημαίνεται ότι οι τιμές για την P_{O_2} δεν συνιστούν έγκυρες ενδείξεις όσον αφορά την αντίστοιχη αρτηριακή P_{O_2} δεδομένου ότι προέρχονται από δείγμα φλεβικού αίματος. Αντίθετα, έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι τιμές για την P_{CO_2} από αρτηριοποιημένο δείγμα αίματος παρουσιάζουν πολύ χαμηλό σφάλμα σε σχέση με τις τιμές από αρτηριακό αίμα (Sauty et al., 1996; Fajac et al., 1998). Ίσως αρκεί μόνο να αναφερθεί ότι ο κατασκευαστής (Abott Point of Care, Inc.) δεν δηλώνει αναμενόμενες τιμές τόσο για την P_{O_2} όσο και για τον κορεσμό οξυγόνου (SO_2 -βλέπε πιο κάτω) όταν το δείγμα αίματος είναι φλεβικό. Συνεπώς, αυτά τα αποτελέσματα πρέπει να εξετάζονται με ιδιαίτερη προσοχή και να γίνεται αναφορά μόνο σε ποσοστιαίες αλλαγές εφόσον οι απόλυτες τιμές είναι ανακριβείς.



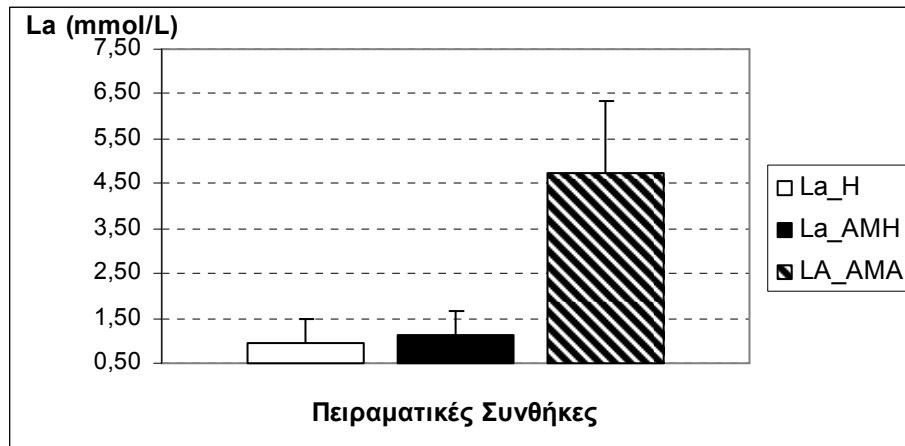
Γράφημα 4.7. Αλλαγές στην μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (PCO_2 –mmHg) κατά τις πειραματικές φάσεις. H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία και, AMA: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικές αποκλίσεις.

Αναφορικά με τον κορεσμό οξυγόνου (SO_2) παρατηρούνται αυξομειώσεις ανάμεσα στις πειραματικές φάσεις. Συγκεκριμένα, υπήρξε αύξηση μεταξύ ηρεμίας και AMH $42 \pm 62,40\%$ και μείωση μεταξύ των άπνοιων AMH και AMA $21 \pm 21,50\%$. Αντίθετα, μετά τη AMA σε σχέση με την ηρεμία υπήρξε αύξηση κατά $17 \pm 55,30\%$. Επισημαίνεται ότι ο κορεσμός οξυγόνου καθώς και οι μερικές πιέσεις των αερίων, υπολογίστηκαν με καθυστέρηση 1-2 λεπτών μετά τις άπνοιες για αμιγώς πρακτικούς λόγους σχετικά με τον τρόπο λήψης αίματος (σύριγγα) και τον χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων από τον αυτόματο αναλυτή.

4.1.4 Μεταβολικές Αποκρίσεις στην άπνοια πριν και μετά την άσκηση

Η ενότητα εξετάζει τις μεταβολικές επιδράσεις της άπνοιας στην ηρεμία και μετά από άσκηση αντίστοιχα μέσω αιματολογικών αναλύσεων. Οι αλλαγές στις μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων λόγω άπνοιας αλλά, και λόγω άσκησης επέφεραν αλλαγές και σε άλλες παραμέτρους όπως παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν.

Στο γράφημα 4.8 παρατηρείται μεγάλη αύξηση στο γαλακτικό αίματος μετά τη 2^η άπνοια στην οποία όμως είχε προηγηθεί 3-λεπτη άσκηση. Η αύξηση στο γαλακτικό μετά την AMH ήταν $23 \pm 22\%$ και μεταξύ της AMH και της AMA $423 \pm 317\%$. Η αλλαγή μεταξύ της ηρεμίας και της AMA είναι $529 \pm 370\%$.



Γράφημα 4.8. Αλλαγές στο γαλακτικό αίματος (La –mmol/L) κατά τις πειραματικές φάσεις. Η: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία και, AMA: άπνοια μετά από άσκηση. Οι τιμές είναι μέσοι όροι \pm τυπικές αποκλίσεις.

Άμεσα συνδεδεμένο με το γαλακτικό αίματος είναι και το επίπεδο οξύτητας του ή μη, με κύρια ένδειξη το pH Όμως, η πτώση του pH μετά τις δύο άπνοιες ήταν μηδαμινή. Συγκεκριμένα, μετά την AMH ο μέσος όρος της αλλαγής είναι 0% ενώ μεταξύ των δύο άπνοιων είναι 1%.

Οι μεταβλητές που ακολουθούν είναι σε άμεση συνάρτηση με τις δύο προαναφερθέντες και επιβεβαιώνουν την οξείδωση του αίματος μετά την AMA. Για παράδειγμα, ο δείκτης BE (base excess/deficit) αποτελεί μια ένδειξη της ποσότητας οξέως ή βάσεως η οποία πρέπει να προστεθεί στο αίμα για να αποκατασταθεί το pH στο 7,40 (ουδέτερη τιμή σε 37⁰C). Στην προκειμένη περίπτωση ο δείκτης έχει μειωθεί ελάχιστα μετά την AMH (21 \pm 42%) ενώ μετά την AMA έγινε αρνητικός στην πλειοψηφία των περιπτώσεων λόγω της αυξημένης οξύτητας του αίματος. Η μείωση του BE μεταξύ της AMH και της AMA είναι σχεδόν η διπλάσια (194 \pm 175%). Ανάμεσα στην AMA και στην ηρεμία, η αλλαγή ξεπερνά το 200 τοις εκατόν (204 \pm 188%). Επιπροσθέτως, το συνολικό διοξείδιο του άνθρακος στο αίμα (TCO₂) μειώθηκε κατά 2 \pm 4% από την ηρεμία στην AMH, κατά 11 \pm 5% ανάμεσα στην AMH και στη AMA και 13 \pm 10% ανάμεσα στην ηρεμία και στην AMA.

Τέλος, τα διττανθρακικά (HCO₃) επίσης παρουσίασαν μείωση σε μια συνεχή αντίδραση για τη ρύθμιση του pH αίματος. Μοναδική περίπτωση αύξησης των διττανθρακικών μετά από την AMH παρουσίασε μόνο ένας δοκιμαζόμενος ο οποίος παρουσίασε επίσης αύξηση και στο TCO₂. Και τα δύο αυτά αποτελέσματα είναι σε άμεση συνάρτηση και με την αύξηση του BE μετά την AMH. Οι ποσοστιαίες αλλαγές κατά μέσο όρο στα διττανθρακικά είναι πλήρως εναρμονισμένες με αυτές στο συνολικό διοξείδιο του άνθρακα. Συγκεκριμένα, μετά την AMH παρουσιάστηκε μείωση 2 \pm 3% ενώ μεταξύ των δύο άπνοιων 11 \pm 5%. Τέλος, η αλλαγή ανάμεσα στην ηρεμία και τη AMA φτάνει το 13 \pm 9%.

Στην ενότητα που ακολουθεί εξετάζονται οι ερευνητικές υποθέσεις με την εφαρμογή στατιστικών ελέγχων για την αποδοχή ή την απόρριψη τους.

4.2 Στατιστικός Έλεγχος Ερευνητικών Υποθέσεων

Οι ερευνητικές υποθέσεις όπως παρουσιάζονται στο εισαγωγικό κεφάλαιο εξετάζονται για την αποδοχή ή την απόρριψη τους μετά από την εφαρμογή στατιστικών ελέγχων. Οι μεταβλητές οι οποίες χαρακτηρίζουν την εκδήλωση ή

μη των δύο αντανακλαστικών τα οποία πραγματεύεται η παρούσα μελέτη και οι αλλαγές σε αυτές κατά τη διάρκεια της πειραματικής δοκιμασίας συνοψίζονται στις τρεις κύριες ενότητες που ακολουθούν.

4.2.1 Η στατιστική σημαντικότητα των καρδιαγγειακών αποκρίσεων στις άπνοιες

Οι δύο κύριες μεταβλητές οι οποίες συνιστούν τις καρδιαγγειακές αποκρίσεις στην άπνοια οι οποίες εξετάζονται αφορούν την καρδιακή συχνότητα και την αρτηριακή πίεση.

Η απλή ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κατέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις καρδιακές συχνότητες των δοκιμαζομένων ανάμεσα στις τρεις κύριες φάσεις της πειραματικής δοκιμασίας δηλαδή μεταξύ της ηρεμίας και των δύο άπνοιων $F[4,36] = 88.62, p < 0.00, \eta^2 = 0.91$. Η ΚΣ μετά την AMA και την αποκατάσταση είναι επίσης στατιστικά σημαντική ενώ, η ΚΣ στην αρχή (ηρεμία) και στο τέλος (αποκατάσταση), δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο έλεγχος σφαιρικότητας - Mauchley's test of sphericity - δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Επομένως, η προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων πληρείται [$\chi^2(9) = 7.11, p = 0.63$].

Στον Πίνακα 4.1 παρατηρείται πτώση της καρδιακής συχνότητας μετά τις δύο άπνοιες ενώ η ANOVA επιβεβαίωσε ότι οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα της απλής ανάλυσης διασποράς (ANOVA) επαναλαμβανόμενων μετρήσεων συνιστούν τη βάση για την αποδοχή ή την απόρριψη των ερευνητικών υποθέσεων (βλέπε τον συνοπτικό Πίνακα 4.17 στο τέλος του κεφαλαίου).

Πίνακας 4.1. Καρδιακή συχνότητα σε πέντε φάσεις της κύριας πειραματικής δοκιμασίας.

Καρδιακή Συχνότητα (bpm)	Μέσος όρος	Τυπικό σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
Ηρεμία	80,95	5,61	68,26	93,65
ΑΜΗ	64,35	4,61	53,93	74,77
πριν από AMA	149,20	4,91	138,08	160,32
AMA	118,55	5,07	107,09	130,01
Αποκατάσταση	90,20	6,18	76,23	104,17

bpm: κτύποι ανά λεπτό, ΑΜΗ: άπνοια μετά την ηρεμία, AMA: άπνοια μετά την άσκηση

Αναφορικά με τη συστολική πίεση, ο έλεγχος σφαιρικότητας (Mauchley's test of sphericity) είναι στατιστικά σημαντικός άρα, η προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται [$\chi^2(2) = 15.73, p = 0.00$]. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται αναφορά στο πηλίκο $F[1.08, 9.68] = 71563, p < 0.00, \eta^2 = 0.89$ κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο υπολογίστηκε με τον πιο συντηρητικό τρόπο (Ρούσσο & Τσαούσης, 2011: 431). Η απλή ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κατέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συστολική πίεση των δοκιμαζομένων ανάμεσα στις τρεις κύριες φάσεις της πειραματικής δοκιμασίας δηλαδή μεταξύ της ηρεμίας και των δύο άπνοιων.

Αντίθετα, η διαστολική πίεση δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο έλεγχος σφαιρικότητας (Mauchley's test of sphericity) δεν είναι στατιστικά σημαντικός επομένως, η προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την

εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων πληρείται [$\chi^2 (2) = 1.33, p = 0.51$]. Επιπροσθέτως, το πηλίκο $F [2, 18] = 2.22, p = 0.14, \eta^2 = 0.20$ δεν είναι στατιστικά σημαντικό άρα, δεν εφαρμόστηκαν εκ των υστέρων πολλαπλές συγκρίσεις (post-hoc tests). Οι μέσες τιμές (Πίνακας 4.2) καταδεικνύουν την υπέρμετρη αύξηση της συστολικής πίεσης μετά την AMA ενώ αντίθετα η διαστολική πίεση διατηρείται περίπου στα ίδια επίπεδα.

Πίνακας 4.2. Αρτηριακή Πίεση (ΑΠ) - Συστολική και Διαστολική Πίεση στις τρεις κύριες φάσεις της πειραματικής δοκιμασίας, Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

ΑΠ (mmHg)	Μέσος Όρος	Τυπικό Σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
ΣΠ Η	124	2,77	117,74	130,26
ΣΠ ΑΜΗ	138	2,00	133,48	142,53
ΣΠ ΑΜΑ	179	5,86	165,74	192,26
ΔΠ Η	78	1,70	74,16	81,85
ΔΠ ΑΜΗ	77,50	2,50	71,85	83,16
ΔΠ ΑΜΑ	72,00	2,91	65,43	78,57
ΜΑΠ Η	93,34	1,67	89,57	97,11
ΜΑΠ ΑΜΗ	97,67	1,86	93,45	101,88
ΜΑΠ ΑΜΑ	107,67	3,18	100,46	114,87

ΣΠ Η: συστολική πίεση στην ηρεμία, ΣΠ ΑΜΗ: συστολική πίεση μετά την άπνοια ηρεμίας, ΣΠ ΑΜΑ: συστολική πίεση μετά την άπνοια άσκησης, ΔΠ Η: διαστολική πίεση στην ηρεμία, ΔΠ ΑΜΗ: διαστολική πίεση μετά την άπνοια ηρεμίας, ΔΠ ΑΜΑ: διαστολική πίεση μετά την άπνοια άσκησης

Η MAP επίσης παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ ηρεμίας και ΑΜΑ. Ο έλεγχος σφαιρικότητας (Mauchley's test of sphericity) δεν είναι στατιστικά σημαντικός άρα, η προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων πληρείται [$\chi^2 (2) = 4.68, p = 0.10$]. Το πηλίκο $F [2, 18] = 12.19, p = 0.00, \eta^2 = 0.58$ είναι στατιστικά σημαντικό συνεπώς εφαρμόστηκαν εκ των υστέρων πολλαπλές συγκρίσεις. Στατιστικά σημαντική διαφορά είχε η τιμή ηρεμίας με την τιμή μετά την ΑΜΑ.

Οι καρδιαγγειακές αποκρίσεις καταδεικνύουν την ενεργοποίηση του καταδυτικού ανατακλαστικού μέσω της πτώσης της καρδιακής συχνότητας και της αύξησης της συστολικής αρτηριακής πίεσης. Όμως, η αύξηση της συστολικής αρτηριακής πίεσης συνδέεται και με την ενεργοποίηση του cold shock response. Επομένως, θα πρέπει να εξεταστούν και άλλες μεταβλητές οι οποίες δυνητικά επιβεβαιώνουν την ενεργοποίηση του καταδυτικού ανατακλαστικού ή μη.

4.2.2 Η στατιστική σημαντικότητα των αναπνευστικών αποκρίσεων στις άπνοιες

Η απλή ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κατέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ρυθμό αναπνοής (RR) των δοκιμαζομένων ανάμεσα στις δύο άπνοιες και μεταξύ της φάσης ηρεμίας και της ΑΜΑ $F[2,10] = 22.18, p < 0.00, \eta^2 = 0.82$. Ο ρυθμός αναπνοής μεταξύ ηρεμίας και ΑΜΗ δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο έλεγχος σφαιρικότητας (Mauchley's test of sphericity) δεν είναι στατιστικά σημαντικός έτσι, η προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων πληρείται [$\chi^2 (2) = 0.03, p = 0.98$]. Οι μέσες τιμές (Πίνακας 4.3) καταδεικνύουν την υπέρμετρη

αύξηση στο ρυθμό της αναπνοής μετά τη AMA. Στατιστικά σημαντικές διαφορές είχαν όλες οι τιμές μεταξύ τους (ηρεμίας, AMH και AMA).

Στον πνευμονικό αερισμό (VE), ο έλεγχος σφαιρικότητας (Mauchly's test of sphericity) είναι στατιστικά σημαντικός έτσι, η προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται [$\chi^2(2) = 1, 0.31, p = 0.01$]. Εξετάζεται το πηλίκιο $F[1.2, 18] = 26173, p < 0.00, \eta^2 = 0.74$ κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό. Στον Πίνακα 4.3 παρατηρείται απότομη αύξηση του πνευμονικού αερισμού μετά την AMA. Η διαφορά μεταξύ της AMH και της AMA είναι στατιστικά σημαντική καθώς και η διαφορά μεταξύ ηρεμίας και AMA.

Πίνακας 4.3. Ρυθμός Αναπνοής και Πνευμονικός Αερισμός στην Η (ηρεμία), στην AMH (άπνοια μετά από ηρεμία) και στην AMA (άπνοια μετά από άσκηση).

Μεταβλητή	Μέσος Όρος	Τυπικό Σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
RR Η	10,67	1,33	7,24	14,09
RR AMH	13,17	2,26	7,37	18,97
RR AMA	25,33	2,62	18,61	32,06
VE Η	25,40	2,78	19,12	31,68
VE AMH	26,90	1,29	23,99	29,81
VE AMA	54,00	4,25	44,40	63,60

RR Η: αριθμός αναπνοών ανά λεπτό στην ηρεμία, RR AMH: αριθμός αναπνοών ανά λεπτό μετά την AMH, RR AMA: αριθμός αναπνοών ανά λεπτό μετά την AMA, VE Η: πνευμονικός αερισμός στην ηρεμία (L/min), VE AMH: πνευμονικός αερισμός μετά την AMH (L/min), VE AMA: πνευμονικός αερισμός μετά την AMA (L/min).

Τόσο το αναπνευστικό πηλίκιο (RER) όσο και ο αναπνεόμενος όγκος (Vt) δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο άπνοιων αλλά ούτε και μεταξύ ηρεμίας και της AMA. Το Mauchly's Test of Sphericity για το RER [$\chi^2(2) = 34.30, p = 0.00$] είναι στατιστικά σημαντικό συνεπώς η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται. Το πηλίκιο $F[1,9] = 1424, p < 0.26$ κατά *Greenhouse-Geisser* δεν είναι στατιστικά σημαντικό ($\eta^2 = 0.14$). Έτσι, δεν εφαρμόστηκαν post-hoc tests. Το Mauchly's Test of Sphericity για το Vt [$\chi^2(2) = 0.62, p = 0.74$] δεν είναι στατιστικά σημαντικό άρα η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων πληρείται. Το πηλίκιο $F[2,10] = 0,67, p < 0.53, \eta^2 = 0.12$ δεν είναι στατιστικά σημαντικό επομένως, δεν εφαρμόστηκαν post-hoc tests.

Αναφορικά με την κατανάλωση οξυγόνου (VO_2), το Mauchly's Test of Sphericity [$\chi^2(2) = 0.39, p = 0.82$] δεν είναι στατιστικά σημαντικό άρα η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων πληρείται. Το πηλίκιο $F[2,18] = 98756, p < 0.00, \eta^2 = 0.92$ είναι στατιστικά σημαντικό. Εφαρμόστηκαν post-hoc tests ανά ζεύγη τιμών όπου παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο άπνοιες και στην ηρεμία. Επίσης, στον Πίνακα 4.4 είναι εμφανής η τεράστια αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου μετά τις άπνοιες και ειδικότερα μετά την AMA.

Η ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2) κατέδειξε επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο άπνοιες και στην ηρεμία. Το Mauchly's Test of Sphericity [$\chi^2(2) = 5.93, p = 0.05$] είναι στατιστικά σημαντικό έτσι, η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων

δειγμάτων δεν πληρείται. Γίνεται αναφορά στο πηλίκο $F [2, 18] = 25281$, $p < 0.00$, $\eta^2 = 0.74$ κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό. Στον Πίνακα 4.4 καταδεικνύεται επίσης η υπέρμετρη αύξηση στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ειδικότερα μετά την AMA.

Πίνακας 4.4. Κατανάλωση Οξυγόνου και Παραγωγή Διοξειδίου του Άνθρακα στην Η (ηρεμία), στην AMH (άπνοια μετά την ηρεμία) και στην AMA (άπνοια μετά την άσκηση)

Μεταβλητή (ml/min)	Μέσος Όρος	Τυπικό Σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
VO ₂ Η	375,60	37,48	290,82	460,38
VO ₂ AMH	598,30	49,14	487,15	709,45
VO ₂ AMA	1258,20	52,80	1138,76	1377,64
VCO ₂ Η	377,70	65,87	228,69	526,72
VCO ₂ AMH	621,70	41,20	528,51	714,90
VCO ₂ AMA	1409,70	164,24	1038,16	1781,24

VO₂ Η: κατανάλωση οξυγόνου στην ηρεμία, VO₂ AMH: κατανάλωση οξυγόνου μετά την AMH, VO₂ AMA: κατανάλωση οξυγόνου μετά την AMA, VCO₂ Η: παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα στην ηρεμία, VCO₂ AMH: παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα μετά την AMH, VCO₂ AMA: παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα μετά την AMA

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από την απλή ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, ούτε η μερική πίεση οξυγόνου (PO₂) αλλά ούτε και η μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (PCO₂) παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο άπνοιων και της ηρεμίας. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και τα τυπικά σφάλματα από αυτές τις μετρήσεις στον Πίνακα 4.5. Υπενθυμίζεται ότι τα αποτελέσματα αυτά ελήφθησαν αναπόφευκτα με καθυστέρηση 1-2 λεπτών λόγω των απαραίτητων διαδικασιών λήψης δείγματος αίματος και ανάλυσης αυτού στον αυτόματο αναλυτή i-Stat. Επιπροσθέτως, οι απόλυτες τιμές για την PO₂ δεν αντιστοιχούν με αυτές σε αρτηριακό αίμα καθότι προέρχονται από φλεβικό αίμα και συνεπώς δεν έχουν ιδιαίτερη βαρύτητα.

Πίνακας 4.5. Μερική πίεση οξυγόνου και μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στην Η (ηρεμία), στην AMH (άπνοια μετά την ηρεμία) και στην AMA (άπνοια μετά την άσκηση)

Μεταβλητή (mmHg)	Μέσος Όρος	Τυπικό Σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
PO ₂ Η	24,00	3,80	14,71	33,30
PO ₂ AMH	29,57	3,21	21,73	37,42
PO ₂ AMA	28,43	4,48	17,47	39,38
PCO ₂ Η	51,80	2,02	46,87	56,74
PCO ₂ AMH	50,37	1,63	46,39	54,35
PCO ₂ AMA	52,01	2,11	46,86	57,17

PO₂ Η: μερική πίεση οξυγόνου στην ηρεμία, PO₂ AMH: μερική οξυγόνου μετά την AMH, PO₂ AMA: μερική πίεση οξυγόνου μετά την AMA, PCO₂ Η: μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα στην ηρεμία, PCO₂ AMH: μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα μετά την AMH, PCO₂ AMA: μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα μετά την AMA

Τέλος, ούτε για τον κορεσμό οξυγόνου (SO₂) υπήρξαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ανάμεσα στις άπνοιες και στην ηρεμία. Υπενθυμίζεται ότι οι απόλυτες τιμές SO₂ είναι επίσης ανακριβείς λόγω του ότι αναφέρονται σε δείγμα από φλεβικό αίμα. Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται στατιστικά

περιγραφικά στοιχεία όπου διαφαίνεται η έλλειψη ουσιαστικών αλλαγών στις τρεις κύριες φάσεις της δοκιμασίας.

Πίνακας 4.6. Κορεσμός Οξυγόνου SO₂ στην Η (ηρεμία), στην ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και στην ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση)

Κορεσμός Οξυγόνου (%)	Μέσος Όρος	Τυπικό Σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
SO ₂ Η	40,86	7,75	21,89	59,82
SO ₂ ΑΜΗ	50,57	7,02	33,39	67,76
SO ₂ ΑΜΑ	43,29	8,72	21,96	64,62

SO₂ Η: κορεσμός οξυγόνου στην ηρεμία, SO₂ ΑΜΗ: κορεσμός οξυγόνου μετά την ΑΜΗ, SO₂ ΑΜΑ: κορεσμός οξυγόνου μετά την ΑΜΑ

Στην επόμενη ενότητα εξετάζονται οι μεταβολικές παράμετροι και ακολουθούν οι συσχετίσεις των μεταβλητών. Στην τελευταία ενότητα συνοψίζονται τα αποτελέσματα με συγκεντρωτικούς πίνακες και συμπεράσματα αναφορικά με την αποδοχή ή την απόρριψη των ερευνητικών υποθέσεων.

4.2.3 Η στατιστική σημαντικότητα των μεταβολικών αποκρίσεων στις άπνοιες

Στην ενότητα εξετάζονται οι μεταβολές στο γαλακτικό και στο pH αίματος καθώς και σε τρεις δείκτες οξείδωσης/αλκάλωσης του αίματος (BE, TCO₂ και HCO₃).

Η ANOVA για το γαλακτικό αίματος έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο άπνοιων και της ηρεμίας. Το Mauchly's Test of Sphericity [χ^2 (2) = 22.84, p = 0.05] είναι στατιστικά σημαντικό έτσι, η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται. Γίνεται αναφορά στο πηλίκο F [2, 10] = 20870, p < 0.01, η^2 = 0.81 κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό. Στον Πίνακα 4.7 παρατηρείται η μεγάλη αύξηση στο γαλακτικό μετά την ΑΜΑ. Παρατηρούνται μικρές αλλαγές στο pH αίματος οι οποίες όμως είναι στατιστικά σημαντικές. Συγκεκριμένα, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασε το pH αίματος μεταξύ των δύο άπνοιων και μεταξύ της ΑΜΑ σε σχέση με την ηρεμία. Το Mauchly's Test of Sphericity [χ^2 (2) = 4759, p = 0.09] για το pH είναι στατιστικά σημαντικό έτσι, η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται. Γίνεται αναφορά στο πηλίκο F [1.24, 12] = 42549, p < 0.00, η^2 = 0.88 κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό.

Πίνακας 4.7. Γαλακτικό (La) και pH Αίματος στην Η (ηρεμία), στην ΑΜΗ (άπνοια μετά την ηρεμία) και στην ΑΜΑ (άπνοια μετά την άσκηση)

Μεταβλητή	Μέσος όρος	Τυπικό Σφάλμα	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
La Η (mmol/L)	1,04	0,22	0,48	1,60
La ΑΜΗ (mmol/L)	1,23	0,22	0,67	1,78
La ΑΜΑ (mmol/L)	4,98	0,84	2,83	7,13
pH Η	7,35	0,01	7,33	7,38
pH ΑΜΗ	7,36	0,02	7,34	7,38
pH ΑΜΑ	7,29	0,01	7,26	7,32

La Η: γαλακτικό στην ηρεμία, La ΑΜΗ: γαλακτικό μετά την ΑΜΗ, La ΑΜΑ: γαλακτικό μετά την ΑΜΑ pH Η: pH στην ηρεμία, pH ΑΜΗ: pH μετά την ΑΜΗ, pH ΑΜΑ: pH μετά την ΑΜΑ.

Αναφορικά με το δείκτη BE, η ANOVA κατέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο άπνοιων και μεταξύ της AMA σε σχέση με την ηρεμία. Το Mauchly's Test of Sphericity [$\chi^2(2) = 13.70, p = 0.01$] είναι στατιστικά σημαντικό έτσι, η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται. Γίνεται αναφορά στο πηλίκο F [2, 12] = 24.53, $p < 0.02$, $\eta^2 = 0.80$ κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό. Στον Πίνακα 4.8 παρατηρείται η μεταβολή του BE από πλεονασματικό υπόλοιπο σε έλλειμμα λόγω αύξησης της οξύτητας του αίματος.

Η μεταβολική οξείδωση του αίματος επιβεβαιώνεται και από την πτώση του συνολικού διοξειδίου του άνθρακος (TCO_2) στον Πίνακα 4.8. Οι διαφορές στο TCO_2 μεταξύ των δύο άπνοιων και μεταξύ της AMA και της τιμής κατά την ηρεμία είναι στατιστικά σημαντικές. Το Mauchly's Test of Sphericity [$\chi^2(2) = 11.18, p = 0.04$] για το TCO_2 είναι στατιστικά σημαντικό έτσι, η βασική προϋπόθεση της σφαιρικότητας για την εφαρμογή ANOVA εξαρτημένων δειγμάτων δεν πληρείται. Γίνεται αναφορά στο πηλίκο F [2, 12] = 14.37, $p < 0.06$, $\eta^2 = 0.71$ κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό.

Τέλος, τα διττανθρακικά (HCO_3) επίσης παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο άπνοιας και μεταξύ της ηρεμίας και της AMA. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα διττανθρακικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.8. Επειδή το Mauchly's Test of Sphericity [$\chi^2(2) = 9.18, p = 0.01$] είναι στατιστικά σημαντικό, γίνεται αναφορά στο πηλίκο F [2, 12] = 16.41, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.73$ κατά *Greenhouse-Geisser* το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό.

Πίνακας 4.8. BE, Συνολικό Διοξείδιο του Άνθρακος στο αίμα (TCO_2) και Διττανθρακικά (HCO_3) στην Η (ηρεμία), στην AMH (άπνοια μετά την ηρεμία) και στην AMA (άπνοια μετά την άσκηση)

Μεταβλητή	Μέσος όρος	Τυπικό Σφάλμα α	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
			Κατώτατο όριο	Ανώτατο Όριο
BE Η (mmol/L)	3,14	0,51	1,90	4,39
BE AMH (mmol/L)	2,71	0,61	1,23	4,20
BE AMA (mmol/L)	-1,71	1,15	-4,53	1,10
TCO_2 Η (mmol/L)	30,29	0,61	28,80	31,77
TCO_2 AMH (mmol/L)	29,71	0,68	28,05	31,38
TCO_2 AMA (mmol/L)	26,43	1,19	23,51	29,35
HCO_3 Η (mmol/L)	28,76	0,54	27,44	30,08
HCO_3 AMH (mmol/L)	28,24	0,62	26,73	29,76
HCO_3 AMA (mmol/L)	25,06	1,09	22,40	27,72

BE Η: BE στην ηρεμία, BE AMH: BE στην AMH, BE AMA: BE στην AMA, TCO_2 Η: TCO_2 στην ηρεμία, TCO_2 AMH: TCO_2 στην AMH, TCO_2 AMA: TCO_2 στην AMA.

Στην ενότητα που ακολουθεί εξετάζονται οι πιθανές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα δύο αντανεκλαστικά και συγκεκριμένα μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών οι οποίες συνιστούν τους λειτουργικούς ορισμούς αυτών.

4.2.4 Στατιστική σημαντικότητα των αλληλεπιδράσεων στις μεταβλητές

Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών εξετάζεται με τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r). Τέλεις συσχετίσεις (-1 και +1) είναι αδύνατο να βρεθούν. Όμως, μία συσχέτιση $>0,8$ θεωρείται πολύ ισχυρή (Brosius, 2002:501). Επίσης, το επίπεδο σημαντικότητας επηρεάζεται από το μέγεθος του δείγματος. Επομένως, σε μικρά δείγματα, είναι πιθανό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (H_0) όταν η συσχέτιση είναι χαμηλή (Νόβα-Καλτσούνη, 2006). Στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζονται μόνο στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις αναφορικά με τις καρδιαγγειακές παραμέτρους. Επίσης, συσχετίσεις ανάμεσα στις ίδιες μεταβλητές στις διάφορες φάσεις του πειράματος εξαιρούνται δεδομένου ότι δεν παρουσιάζουν κανένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Για παράδειγμα, η συσχέτιση της ΚΣ στην ηρεμία και μετά τις δύο άπνοιες δεν συνιστά χρήσιμη πληροφορία για τους σκοπούς αυτής της έρευνας άρα παραλείπεται. Τέλος, συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών οι οποίες είναι εκ προοιμίου γνωστές όπως για παράδειγμα ΜΑΠ και συστολική πίεση επίσης δεν συμπεριλαμβάνονται.

Παρατηρείται η αρνητική συσχέτιση της ΚΣ κατά την αποκατάσταση με τη ΔΠ και τη ΜΑΠ στην άπνοια μετά την άσκηση. Τονίζεται επίσης η συσχέτιση της διαστολικής πίεσης με την καρδιακή συχνότητα πριν και μετά τις άπνοιες και συνεπώς η αλληλεπίδραση των δύο αντανακλαστικών λόγω της άμεσης επιρροής τους στις δύο μεταβλητές.

Πίνακας 4.9. Συντελεστής Pearson (r) ανάμεσα στις καρδιαγγειακές παραμέτρους καρδιακή συχνότητα και αρτηριακή πίεση κατά τις πειραματικές φάσεις

Μεταβλητή	ΔΠ μετά από AMH	ΔΠ μετά από AMA	ΜΑΠ μετά από AMH	ΜΑΠ μετά από AMA
ΚΣ πριν από AMH	0,73*			
ΚΣ μετά από AMA	0,71*		0,62*	
ΚΣ Αποκατάσταση		-0,78**		-0,81**

ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, AMH: άπνοια μετά την ηρεμία, AMA: άπνοια μετά την άσκηση, ΔΠ: διαστολική πίεση, ΜΑΠ: μέση αρτηριακή πίεση,

*σημαντικότητα $p < 0,05$, **σημαντικότητα $p < 0,01$

Στον Πίνακα 4.10 παρατηρείται η αρνητική συσχέτιση του πνευμονικού αερισμού (VE) μετά την AMA σε σχέση με την κατανάλωση οξυγόνου στην ηρεμία (VO_2) όπως και με την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2) στην ηρεμία. Αντίθετα, μετά την AMH οι συσχετίσεις του πνευμονικού αερισμού με την κατανάλωση οξυγόνου και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα είναι θετικές. Θετικές είναι και οι συσχετίσεις του πνευμονικού αερισμού στην ηρεμία με την VO_2 και την VCO_2 στην ηρεμία. Η AMA παρουσίασε εντονότερη εκδήλωση στις αναπνευστικές παραμέτρους.

Πίνακας 4.10. Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους κατανάλωση οξυγόνου (VO_2), παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2) και πνευμονικό αερισμό (VE) κατά τις πειραματικές φάσεις

Μεταβλητή	VO_2 H	VO_2 AMH	VCO_2 H	VCO_2 AMH
VE Ηρεμία	0,67*		0,71*	
VE AMH		0,73**		0,70*
VE AMA	-0,84**		-0,62*	

H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση,

*σημαντικότητα $p < 0,05$, **σημαντικότητα $p < 0,01$

Στον Πίνακα 4.11 παρατηρούνται οι συσχετίσεις ανάμεσα στην κατανάλωση οξυγόνου και στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Μόνο κατά την ηρεμία και μετά την ΑΜΗ είναι στατιστικά σημαντικές. Είναι εμφανές ότι η άσκηση επηρεάζει τη σχέση μεταξύ αυτών των μεταβλητών.

Πίνακας 4.11. Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους κατανάλωση οξυγόνου (VO_2) και παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2) κατά τις πειραματικές φάσεις

Μεταβλητή	VO_2 Η	VO_2 ΑΜΗ
VCO_2 Ηρεμία	0,89**	
VCO_2 ΑΜΗ		0,97**

Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, *σημαντικότητα $p < 0, 05$, **σημαντικότητα $p < 0, 01$

Στον Πίνακα 4.12 παρατηρούνται οι συσχετίσεις του κορεσμού οξυγόνου (SO_2) με τις μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων και ειδικότερα το αρνητικό πρόσημο όσον αφορά τη μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα.

Πίνακας 4.12. Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους μερική πίεση οξυγόνου (PO_2) και διοξειδίου του άνθρακα (PCO_2) με τον κορεσμό οξυγόνου (SO_2) στις πειραματικές φάσεις

Μεταβλητή	SO_2 Η	SO_2 ΑΜΗ	SO_2 ΑΜΑ
PCO_2 Ηρεμία	-0,79*		-0,78*
PCO_2 ΑΜΗ		-0,72*	-0,64*
PCO_2 ΑΜΑ		-0,72*	-0,74**
PO_2 Ηρεμία	0,98*		
PO_2 ΑΜΗ		0,99**	0,91**
PCO_2 ΑΜΑ		0,87**	0,99**

Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση.

*σημαντικότητα $p < 0,05$, **σημαντικότητα $p < 0,01$

Επίσης στον Πίνακα 4.13 εμφανίζονται αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ των μερικών πιέσεων των αναπνευστικών αερίων στην ηρεμία και στην ΑΜΗ οι οποίες όμως γίνονται θετικές στην ΑΜΑ.

Πίνακας 4.13. Συντελεστής Pearson (r) για τις αναπνευστικές παραμέτρους μερική πίεση οξυγόνου (PO_2) και μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα (PCO_2) κατά τις πειραματικές φάσεις

Μεταβλητή	PCO_2 Η	PCO_2 ΑΜΗ	PCO_2 ΑΜΑ
PO_2 Ηρεμία	-0,77*		
PO_2 ΑΜΗ		-0,68*	0,69*
PO_2 ΑΜΑ		-0,62*	0,74**

Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση.

*σημαντικότητα $p < 0,05$, **σημαντικότητα $p < 0,01$

Οι αναπνευστικές παράμετροι καταδεικνύουν την έντονη αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση τους και κατ' επέκταση την σχέση μεταξύ των δύο αντανακλαστικών. Οι μεταβολικές παράμετροι επίσης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις. Δεν γνωρίζουμε όμως κατά πόσο επηρεάζονται και από το cold shock response. Συνεπώς δεν είναι βέβαιο ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αντανακλαστικών όσον αφορά τις συγκεκριμένες παραμέτρους. Στον Πίνακα 4.14 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στις μεταβολικές παραμέτρους οι οποίες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Παρατηρείται η αρνητική συσχέτιση των διττανθρακικών (σε ηρεμία και μετά την

AMA) με το pH και το γαλακτικό μετά την AMA αντίστοιχα. Επίσης αρνητική συσχέτιση παρουσιάζει το γαλακτικό μετά την AMA με το συνολικό διοξείδιο του άνθρακα.

Πίνακας 4.14. Συντελεστής Pearson (*r*) για τις μεταβολικές παραμέτρους BE, διττανθρακικά (HCO_3), συνολικό διοξείδιο άνθρακα (TCO_2), γαλακτικό(La) και pH κατά τις πειραματικές φάσεις

Μεταβλητή	BE H	BE AMH	BE AMA	La AMA	p.H. AMH
HCO_3 H	0,88**				-0,78*
HCO_3 AMH	0,89**	0,98**	0,79**		
HCO_3 AMA		0,90**	0,99**	-0,74**	
TCO_2 H	0,91**				-0,77*
TCO_2 AMH	0,85**	0,98**	0,82**		
TCO_2 AMA		0,92**	0,98**	-0,69*	

H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση.

*σημαντικότητα $p < 0,05$, **σημαντικότητα $p < 0,01$

Τέλος, επισημαίνεται η αρνητική συσχέτιση του γαλακτικού με το BE αλλά και με το pH μετά την AMA (Πίνακας 4.15).

Πίνακας 4.15. Συντελεστής Pearson (*r*) για τις μεταβολικές παραμέτρους pH, γαλακτικό (La) και BE κατά τις πειραματικές φάσεις.

Μεταβλητή	La H	La AMH	La AMA
BE H	-0,86**	-0,94**	
BE AMH	-0,74*		
BE AMA			-0,79**
p.H. AMA			-0,67**

H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση.

*σημαντικότητα $p < 0,05$, **σημαντικότητα $p < 0,01$

Στην ενότητα που ακολουθεί, συνοψίζονται τα ερευνητικά αποτελέσματα σε στατιστικώς σημαντικά συμπεράσματα σύμφωνα με τις ερευνητικές υποθέσεις όπως αναφέρονται στο εισαγωγικό κεφάλαιο.

4.3 Σύνοψη και Συμπεράσματα – Ερευνητικές Υποθέσεις

Στην ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα ως προς τις αρχικές υποθέσεις χρησιμοποιώντας ως βάση τους λειτουργικούς ορισμούς για τα δύο αντανακλαστικά όπως αναφέρονται στο εισαγωγικό κεφάλαιο (Πίνακας 1.1). Στον Πίνακα 4.16 παραθέτονται οι λειτουργικοί ορισμοί για τα δύο αντανακλαστικά τα οποία πραγματεύεται η μελέτη, η εκδήλωση τους ή μη συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών και η σημαντικότητα στις αντίστοιχες μεταβλητές.

Πίνακας 4.16. Συνοπτικά αποτελέσματα παραμέτρων καταδυτικού αντανακλαστικού και της απόκρισης στο κρύο όσον αφορά καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές παραμέτρους κατά τις πειραματικές φάσεις Η :ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά την ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά την άσκηση.

Μεταβλητή	Η – ΑΜΗ	ΑΜΗ – ΑΜΑ	Η – ΑΜΑ	ΚΑ	CSR	Αλλ.
<i>Καρδιαγγειακές Παράμετροι</i>						
Κ.Σ.	μείωση*	μείωση *	μείωση *	Ναι	?	Ναι
ΣΑΠ	αύξηση*	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	Ναι	?
ΔΑΠ	Μείωση	μείωση	μείωση	Ναι	Ναι	Ναι
ΜΑΠ	αύξηση	αύξηση	αύξηση*	Ναι	Ναι	Ναι
<i>Αναπνευστικές Παράμετροι</i>						
RR	αύξηση	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	Ναι	?
VE	αύξηση	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	Ναι	Ναι
VO₂	αύξηση*	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	Ναι	Ναι
VCO₂	αύξηση*	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	Ναι	Ναι
P_{O₂}	αύξηση	μείωση	αύξηση	Ναι	Ναι	Ναι
P_{CO₂}	αύξηση	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	?	Ναι
SO₂	αύξηση	μείωση	αύξηση	Ναι	?	Ναι
<i>Μεταβολικές Παράμετροι</i>						
La+	αύξηση*	αύξηση*	αύξηση*	Ναι	?	Ναι
p.H.	ο	μείωση*	μείωση*	Ναι	?	Ναι
BE	μείωση	μείωση*	μείωση*	?	Ναι	Ναι
TCO₂	μείωση	μείωση*	μείωση*	?	Ναι	Ναι
HCO₃	μείωση	μείωση*	μείωση*	?	Ναι	Ναι

ΚΑ = καταδυτικό αντανακλαστικό, CSR = cold shock response, Αλλ. = αλληλεπίδραση, ο = ασήμαντη αλλαγή, εκδήλωση αντανακλαστικού: Ναι, ? = άγνωστο,

* στατιστικά σημαντική < 0,05

Στον Πίνακα 4.16 παρατηρείται η ενεργοποίηση των δύο αντανακλαστικών η οποία επιβεβαιώνεται κυρίως με τις αναπνευστικές παραμέτρους. Σημειώνεται ότι η αρτηριακή πίεση δεν αποτελεί κατηγορηματικό δείκτη νοουμένου ότι παρουσιάζει την ίδια απόκριση και στα δύο αντανακλαστικά (αύξηση). Επιπροσθέτως, οι μεταβολικές παράμετροι και συγκεκριμένα οι μεταβλητές αλκάλωσης του αίματος συνιστούν ενδείξεις εκδήλωσης του CSR, ενώ οι μεταβλητές οξέωσης του καταδυτικού αντανακλαστικού. Συγκεκριμένα, εκτός από την αύξηση του γαλακτικού και την αντίστοιχη πτώση του pH οι υπόλοιπες παράμετροι (BE, TCO₂, HCO₃) παρουσιάζουν αλλαγές αντίθετες με τις αναμενόμενες αναφορικά με το ΚΑ. Δεν γνωρίζουμε αν συσχετίζονται με το cold shock response δεδομένης της έλλειψης σχετικής βιβλιογραφίας επί του θέματος. Η αλληλεπίδραση αυτών των δύο αντιφατικών αντανακλαστικών πιθανόν να είχε σαν αποτέλεσμα τις τιμές σε αυτούς τους δείκτες.

Με βάση τα συνοπτικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται πιο πάνω, εξετάζεται η αποδοχή ή η απόρριψη των ερευνητικών υποθέσεων όπως παρατίθενται στο εισαγωγικό κεφάλαιο. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 4.17 ενώ στο επόμενο κεφάλαιο εξετάζονται σε σχέση με άλλες έρευνες.

Συγκεκριμένα, παρατηρούνται ενδείξεις ενεργοποίησης του CSR μετά από ηρεμία μέσω των αποκρίσεων σε καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παραμέτρους, ενώ το CSR μετά από άσκηση παρουσιάζει και μεταβολικές

αποκρίσεις. Επιπροσθέτως, το CSR είναι εντονότερο μετά από άσκηση σε σχέση με αυτό μετά από ηρεμία.

Η ενεργοποίηση του ΚΑ τόσο μετά από ηρεμία όσο και μετά από άσκηση επαληθεύεται μέσω καρδιαγγειακών, αναπνευστικών και μεταβολικών παραμέτρων. Το ΚΑ είναι επίσης εντονότερο μετά από άσκηση σε σχέση με αυτό μετά την ηρεμία. Τέλος, τα δύο αντανακλαστικά αλληλεπιδρούν και στις δύο συνθήκες και αυτό είναι έκδηλο και στις τρεις κατηγορίες των μεταβλητών.

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα ενισχύουν την πιθανή ταυτόχρονη ενεργοποίηση των δύο αντανακλαστικών μέσω καρδιαγγειακών, αναπνευστικών και μεταβολικών αποκρίσεων. Στο επόμενο κεφάλαιο, τα αποτελέσματα εξετάζονται σε συνάρτηση με παρόμοιες μελέτες ενώ στο μεθεπόμενο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Πίνακας 4.17. Συνοπτικά αποτελέσματα αποδοχής ή απόρριψης ερευνητικών υποθέσεων

α/α	Υπόθεση	Αποδοχή?	Στατιστικά Σημαντικές Μεταβλητές
1	Το CSR ενεργοποιείται με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από ηρεμία	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές: ΣΠ Αναπνευστικές: VO_2 , VCO_2
2	Το CSR ενεργοποιείται με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από άσκηση	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές: ΣΠ, ΜΑΠ. Αναπνευστικές: RR, VE, VO_2 , VCO_2 Μεταβολικές: BE, TCO_2 , HCO_3
3	Το CSR είναι εντονότερο μετά από άσκηση από αυτό μετά την ηρεμία	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές: ΣΠ Αναπνευστικές: RR, VE, VO_2 , VCO_2 Μεταβολικές: BE, TCO_2 , HCO_3
4	Το ΚΑ ενεργοποιείται με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από ηρεμία	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές: ΚΣ, ΣΠ Αναπνευστικές: VO_2 , VCO_2 Μεταβολικές: La+
5	Το ΚΑ ενεργοποιείται με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μετά από άσκηση	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές: ΚΣ, ΣΠ, ΜΑΡ Αναπνευστικές: RR, VE, VO_2 , VCO_2 Μεταβολικές: La+, pH
6	Το ΚΑ είναι εντονότερο μετά από άσκηση από αυτό μετά την ηρεμία	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές: ΚΣ, ΣΠ Αναπνευστικές: RR, VE, VO_2 , VCO_2 Μεταβολικές: La+, pH
7	Το ΚΑ αλληλεπιδρά με το CSR μετά από ηρεμία	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές • ΚΣ - ΔΠ (+) • ΚΣ - ΜΑΡ (+) Μεταβολικές • HCO_3 - BE (+) • HCO_3 - pH (-) • TCO_2 - BE (+) • TCO_2 - pH (-) • La+ - BE(-) Αναπνευστικές • VE - VO_2 (+) • VE - VCO_2 (+) • VO_2 - VCO_2 (+) • P_{O_2} - P_{CO_2} (-) • P_{O_2} - SO_2 (+) • P_{CO_2} - SO_2 (-)
8	Το ΚΑ αλληλεπιδρά με το CSR μετά από άσκηση	ΝΑΙ	Καρδιαγγειακές • ΚΣ - ΔΠ (-) • ΚΣ - ΜΑΡ (-) Αναπνευστικές • VE - VO_2 (-) • VE - VCO_2 (-) • P_{O_2} - P_{CO_2} (+) • P_{O_2} - SO_2 (+) • P_{CO_2} - SO_2 (-) Μεταβολικές • HCO_3 - BE (+) • HCO_3 - La (-) • TCO_2 - BE (+) • TCO_2 - La (-) • La+ - BE. (-) • La+ - pH(-)

BE: base-excess, CSR: αντανακλαστικό απόκρισης στο κρύο, HCO_3 : διττανθρακικά, pH: οξύτητα-αλκαλικότητα, La+: γαλακτικό, PO_2 : μερική πίεση οξυγόνου, PCO_2 : μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα, RR: αριθμός αναπνοών, SO_2 : κορεσμός οξυγόνου, TCO_2 : συνολικό διοξείδιο του άνθρακα, VE: πνευμονικός αερισμός, VO_2 : κατανάλωση οξυγόνου, VCO_2 : παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, ΔΠ: διαστολική πίεση, ΚΑ: καταδυτικό αντανακλαστικό, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, ΜΑΠ: μέση αρτηριακή πίεση, ΣΠ: συστολική πίεση
(+): Θετική συσχέτιση, (-): αρνητική συσχέτιση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μελέτη εξέτασε την πιθανότητα ταυτόχρονης εκδήλωσης δύο αντιφατικών αντανακλαστικών μέσω ενεργοποίησης του συμπαθητικού (cold shock response) και του παρασυμπαθητικού (καταδυτικό αντανακλαστικό). Είναι η πρώτη φορά που διερευνάται η άπνοια μετά από σύντομη αλλά έντονη άσκηση. Προηγούμενες μελέτες εφάρμοσαν πρωτόκολλα ήπιας και παρατεταμένης άσκησης με επανειλημμένες «δυναμικές» άπνοιες ενδιάμεσα είτε στον αέρα είτε με βύθιση προσώπου (Andersson et al., 2002 & 2004; Lindholm et al., 1999). Άλλες έρευνες εφάρμοσαν μόνο δυναμική άπνοια με κατάδυση σε επαγγελματίες δύτες (Ferretti et al., 1992; Hurford, et al., 1990). Η πλειοψηφία των μελετών εφάρμοσε μόνο μέγιστες άπνοιες (Bacovic et al., 2003; De Bruijn et al., 2008; Palada et al., 2007; Richardson et al., 2005; Schagatay & Holm, 1996; Schagatay et al., 2001 & 2005). Οι Joulia et al., (2002) εφάρμοσαν δυναμικές άπνοιες σε σύντομη άσκηση με τα χέρια (2 φορές επί 1 λεπτό). Αργότερα, εξέτασαν την πιθανή επίδραση της προπόνησης άπνοιας μετά από πρόγραμμα διάρκειας 3 μηνών. Την επίδραση της προπόνησης άπνοιας εξέτασαν και οι Lemaitre et al., (2009). Συμπερασματικά, η μελέτη παρουσιάζει μια διαφορετική προσέγγιση όσον αφορά την άπνοια στοχεύοντας στην προσομοίωση έναρξης αγώνων σε ανοικτή θάλασσα και ειδικότερα αγώνων τριάθλου.

Στις ενότητες που ακολουθούν εξετάζονται αναλυτικότερα οι φυσιολογικές αποκρίσεις στις άπνοιες όπως κατηγοριοποιούνται και στα προηγούμενα κεφάλαια σε καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές.

5.1 ΚΑ και CSR - καρδιαγγειακές αποκρίσεις

Σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες (π.χ. βλέπε Andersson et al., 2004) το ΚΑ συνιστά την άμεση απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού σε συνθήκες άπνοιας με βύθιση για εξοικονόμηση οξυγόνου. Αυτό επιτυγχάνεται με βραδυκαρδία και με μειωμένη παροχή αίματος στην περιφέρεια. Οι Lindholm et al., (1999), παραθέτουν δύο μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης όπου το 88% των ατομικών διαφορών στον ρυθμό αλλαγής του κορεσμού οξυγόνου λόγω άπνοιας αποδίδεται στις αλλαγές στην καρδιακή συχνότητα και στην μέση αρτηριακή πίεση. Συγκεκριμένα η βιβλιογραφία αναφέρει ότι οι άπνοιες χαρακτηρίζονται από βραδυκαρδία και υπέρταση (Andersson et al., 2002 & 2004; Bakovic et al., 2003; Bergman et al., 1972; Lindholm et al., 1999; Palada et al., 2007 κ.α.). Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε πτώση της ΚΣ μετά τις άπνοιες και αύξηση της αρτηριακής πίεσης (συστολικής και μέσης). Αυτό ενισχύει την πιθανότητα ενεργοποίησης του ΚΑ και ίσως και του CSR. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το CSR επίσης προκαλεί αύξηση της αρτηριακής πίεσης αλλά παράλληλα και της ΚΣ (Golden & Hervey, 1981). Επισημαίνεται επίσης η θετική συσχέτιση της ΜΑΠ μετά την ΑΜΗ με την αντίστοιχη ΚΣ (Pearson $r = 0.62$, $p = 0.05$). Αυτό έμμεσα υποδηλώνει την πιθανή ενεργοποίηση του CSR μετά την ΑΜΗ το οποίο όμως «καλύφθηκε» από το ΚΑ εφόσον υπήρξε συνολική μείωση στην ΚΣ.. Επιπροσθέτως, οι Golden & Tipton (1987), αναφέρουν ότι άτομα με καλή φυσική κατάσταση (VO_{2max}) κατέδειξαν χαμηλότερες αποκρίσεις στο CSR σε σχέση με

τους υπόλοιπους. Στην παρούσα μελέτη η VO_{2max} δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τις καρδιαγγειακές μεταβλητές (ΚΣ, αρτηριακή πίεση) αλλά ούτε και με τον πνευμονικό αερισμό. Ίσως όμως, εάν δεν υπήρξε ταυτόχρονη ενεργοποίηση των δύο αντανεκλαστικών τότε αυτά τα αποτελέσματα θα συμβάδιζαν με αυτά των Golden & Tipton. Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν έμμεσα τη θεωρία των Golden & Tipton αφού η ενεργοποίηση του CSR δεν είναι έντονη. Αυτό όμως πιθανόν να οφείλεται εν μέρει και στην παράλληλη ενεργοποίηση του ΚΑ

Τέλος, η ΜΑΠ μετά την ΑΜΗ παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση (Pearson $r = -0.64$, $p=0.05$) με τον κορεσμό οξυγόνου μετά την ΑΜΑ. Αυτό επίσης αποτελεί ένδειξη του βοηθητικού ρόλου της αρτηριακής πίεσης στην έλλειψη οξυγόνου η οποία παρουσιάζεται κατά τις άπνοιες και κατ' επέκταση την ενεργοποίηση του ΚΑ.

5.2 ΚΑ και CSR – Αναπνευστικές αποκρίσεις

Τόσο το ΚΑ όσο και το CSR αναμένεται ότι προκαλούν αύξηση στο ρυθμό αναπνοής και κατά συνέπεια στον πνευμονικό αερισμό. Δεν γνωρίζουμε κατά πόσο το CSR επηρεάζει άμεσα την κατανάλωση οξυγόνου και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και κατά συνέπεια και τον κορεσμό οξυγόνου.

Η παρούσα μελέτη κατέδειξε θετικές και στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του πνευμονικού αερισμού μετά την ΑΜΗ και της κατανάλωσης οξυγόνου αλλά και της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα ($r=0.73$, $p=0.02$, $r=0.70$, $p=0.02$ αντίστοιχα). Συνεπώς, η άπνοια μετά από ηρεμία προκαλεί υπεραερισμό ενώ, για την άπνοια μετά από άσκηση οι συσχετίσεις δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Επισημαίνεται όμως η θετική συσχέτιση μεταξύ του κορεσμού οξυγόνου μετά την ΑΜΗ με την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ($r=0.65$, $p=0.05$). Αυτό δημιουργεί ερωτήματα κατά πόσο έμμεσα υποδεικνύει την ενεργοποίηση του CSR δεδομένου ότι το ΚΑ θα είχε αντίθετη επίδραση. Συγκεκριμένα, έρευνες έχουν καταδείξει ότι η ενεργοποίηση του ΚΑ έχει ως αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη εξοικονόμηση οξυγόνου η οποία φαίνεται στο μειωμένο ρυθμό κορεσμού οξυγόνου. Το φαινόμενο είναι εμφανέστερο σε απνοιστές και επαγγελματίες δύτες (Jouliá et al., 2009; Schagatay et al., 2000). Επιπροσθέτως, η εκδήλωση του ΚΑ είναι εντονότερη με βύθιση σε σχέση με «ξηρή άπνοια» (Andersson et al., 2002 & 2004) και ειδικότερα σε κρύο νερό (Jaha & Etemire, 2006; Schagatay & Holm, 1996). Επισημαίνεται ότι η εξοικονόμηση οξυγόνου κατά τη βύθιση οφείλεται κυρίως στη βραδυκαρδία η οποία φαίνεται να υπερτερεί της αυξημένης αρτηριακής πίεσης (Jaha & Etemire, 2006).

Τέλος, ο ρυθμός αναπνοής δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις με τις υπόλοιπες αναπνευστικές παραμέτρους αλλά ούτε και με τον κορεσμό οξυγόνου. Αυτό επίσης αποτελεί πιθανή ένδειξη της ενεργοποίησης του CSR δεδομένου ότι η επίδραση του στις αναπνευστικές παραμέτρους (μερικές πιέσεις αναπνευστικών αερίων και στον κορεσμό οξυγόνου) είναι σε αντίθεση με αυτή του ΚΑ. Συγκεκριμένα οι Andersson et al., (2002), αναφέρουν ότι η εκδήλωση του ΚΑ επιφέρει καθυστέρηση στην πτώση της P_{O_2} στις αρτηρίες και στις κυψελίδες και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη υποξίας στα ζωτικά όργανα.

5.3 ΚΑ και CSR – Μεταβολικές αποκρίσεις

Οι μεταβολικές παράμετροι παρουσιάζουν ίσως τις περισσότερες συσχετίσεις, τόσο μεταξύ τους όσο και σε συνάρτηση με τον κορεσμό οξυγόνου αλλά και με άλλες αναπνευστικές παραμέτρους. Επισημαίνονται αυτές που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον όπως για παράδειγμα του γαλακτικού μετά την ΑΜΗ με τη μερική πίεση οξυγόνου μετά την ΑΜΑ ($r = 0.76$, $p = 0.01$) και με τον κορεσμό οξυγόνου επίσης μετά την ΑΜΑ ($r = 0.75$, $p = 0.01$). Η υψηλή, αρνητική και στατιστικά σημαντική συσχέτιση της P_{CO_2} με το pH μετά την ΑΜΗ ($r = -0.73$, $p = 0.02$) αποτελεί ακόμα ένα δείκτη της αλληλεξάρτησης της λειτουργίας της αναπνοής με τις μεταβολικές παραμέτρους.

Σε προηγούμενες έρευνες υπάρχουν στοιχεία μόνο όσον αφορά το γαλακτικό και το pH ενώ δεν εξετάστηκαν οι μερικές πιέσεις αερίων. Οι Andersson et al., (2004) κατέδειξαν την αυξημένη αναρεοβίωση λόγω άπνοιας και ΚΑ μέσω της αύξησης του γαλακτικού (βλέπε Joulia et al., 2002). Αντίστοιχα οι Joulia et al., (2003) κατέδειξαν ότι η προπόνηση άπνοιας βελτιώνει την απόκριση όσον αφορά το οξειδωτικό στρες (πτώση pH και αύξηση γαλακτικού).

Επιπροσθέτως, είναι σκόπιμο να υπογραμμισθούν οι συσχετίσεις ανάμεσα στις μερικές πιέσεις των αναπνευστικών αερίων με τον κορεσμό οξυγόνου αφού έμμεσα επιβεβαιώνουν την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Τέλος, πρέπει να τονισθεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό των μελετών είχε επικεντρωθεί στην επίδραση της άπνοιας σε αιματολογικές παραμέτρους και συγκεκριμένα στον αιματοκρίτη και στην αιμοσφαιρίνη. Είναι εμφανής η θετική επίδραση τόσο της άπνοιας όσο και της προπόνησης άπνοιας στις δύο αυτές παραμέτρους. Η παράλειψη αυτών των μεταβλητών στην παρούσα μελέτη ίσως αποτελεί μια αδυναμία δεδομένης της άμεσης επίδρασης της άπνοιας σε αυτούς τους αιματολογικούς δείκτες (de Bruijn et al., 2008; Espersen et al., 2002; Hurford et al., 1990; Richardson et al., 2005; Schagatay et al., 2001, 2005 & 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα κύρια ευρήματα της έρευνας συνοψίζονται ως εξής:

1. Η εκδήλωση του CSR με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό διαφαίνεται μέσω καρδιαγγειακών και αναπνευστικών παραμέτρων τόσο μετά από ηρεμία όσο και μετά από άσκηση. Οι μεταβολικές παράμετροι είναι στατιστικά σημαντικές μόνο μετά την άσκηση.
2. Η εκδήλωση του CSR είναι εντονότερη μετά την άσκηση σε σχέση με αυτή μετά την ηρεμία όπως διαφαίνεται στις καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές παραμέτρους.
3. Η εκδήλωση του ΚΑ με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό είναι εμφανής μέσω καρδιαγγειακών, αναπνευστικών και μεταβολικών παραμέτρων τόσο μετά από ηρεμία όσο και μετά από άσκηση.
4. Η εκδήλωση του ΚΑ είναι εντονότερη μετά την άσκηση σε σχέση με αυτή μετά την ηρεμία όπως διαφαίνεται στις καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές παραμέτρους.
5. Το ΚΑ φαίνεται να αλληλεπιδρά με το CSR τόσο μετά από ηρεμία όσο και μετά από άσκηση όπως διαφαίνεται στις καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές παραμέτρους.

Εξετάζονται περαιτέρω τα αποτελέσματα της έρευνας σε συνάρτηση με αυτά από άλλες μελέτες οι οποίες εμπεριέχουν επίσης το στοιχείο της άσκησης σε συνδυασμό με την άπνοια. Έχουν εντοπισθεί τρεις μόνο έρευνες οι οποίες παρουσιάζονται σε σχέση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας (πίνακας 6.1). Παρατηρείται ότι όλες οι έρευνες επιβεβαιώνουν την εντονότερη εκδήλωση του ΚΑ μετά από άσκηση και ιδιαίτερα μετά από βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό. Παρόλο που η παρούσα έρευνα εφάρμοσε άσκηση διάρκειας μόνο τριών λεπτών, κατέδειξε σημαντικές αλλαγές στις καρδιαγγειακές παραμέτρους. Αντιθέτως, οι άλλες τρεις έρευνες εφάρμοσαν ήπια άσκηση διάρκειας 45-50 λεπτών. Συγκεκριμένα, οι προηγούμενες έρευνες εφάρμοσαν άσκηση σε εργόμετρο 45'-50' με μέση επιβάρυνση 100 Watt (80-120) και παρουσίασαν μέγιστη μείωση στην ΚΣ 35%. Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη υπήρξε 3-λεπτη άσκηση η οποία όμως στο τελευταίο λεπτό είχε επιβάρυνση στο 85% της VO_{2max} για τον κάθε δοκιμαζόμενο με αποτέλεσμα την μείωση της ΚΣ κατά 20%. Αναφορικά με την αρτηριακή πίεση (ΜΑΠ) η απόκριση ήταν λιγότερο έντονη όμως, υπήρξε καθυστέρηση όσον αφορά τη μέτρηση της η οποία έγινε με χειροκίνητο μανόμετρο.

Τέλος, χαμηλότερη ήταν και η πτώση του κορεσμού οξυγόνου στην παρούσα έρευνα σε σχέση με τις μελέτες των Andersson et al (2002 κα 2004). Αντίθετα, τα αποτελέσματα της μελέτης προσεγγίζουν αυτά των Lindholm et al, (1999).

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη κατέδειξε ότι η σύντομη αλλά έντονη άσκηση ακολουθούμενη από βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό μπορεί να επιφέρει εντονότερες φυσιολογικές αποκρίσεις σε σχέση με την απλή βύθιση. Επιπροσθέτως, παρουσιάστηκαν πρωτότυπα αποτελέσματα όσον αφορά την πιθανή ταυτόχρονη εκδήλωση του CSR μαζί με το ΚΑ και τις αλληλεπιδράσεις

αυτών. Επισημαίνεται ότι η παρούσα έρευνα εξέτασε ένα συγκεκριμένο αριθμό μεταβλητών λόγω αδυναμίας πρόσβασης σε εργαστηριακό εξοπλισμό. Αυτό συνεπάγεται ότι, περαιτέρω έρευνα πρέπει να εξετάσει και άλλες μεταβλητές όπως την καρδιακή παροχή, τον όγκο παλμού, ορμονικές και αιματολογικές παραμέτρους κλπ. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα παρουσιάζονται εκτενέστερα στην τελευταία ενότητα.

Πίνακας 6.1. Συγκριτικά αποτελέσματα ερευνών στην άπνοια πριν και μετά από άσκηση

Έρευνα	Είδος άσκησης	Αλλαγές στις μεταβλητές μετά την άσκηση				Συμπεράσματα
		KΣ	MAP	SaO ₂	SBF	
Lindholm et al., (1999)	Εργόμετρο για 45' στα 120Watt	(10)–(93) (bpm)	27-67 (mmHg)	(0,43)-(2.2) (%)	Δεν υπάρχουν πληροφορίες	Όπου ήταν εντονότερο το ΚΑ ο κορεσμός οξυγόνου μειώθηκε με πιο αργό ρυθμό
Andersson et al., 2002	Εργόμετρο για 50' στα 100 Watt	<i>Υγρή άπνοια:</i> -33±4% <i>Ξηρή άπνοια:</i> -21±4% (vs Ομάδα Ελέγχου)	<i>Υγρή άπνοια:</i> 42±6% <i>Ξηρή άπνοια:</i> 34 ±4% (vs Ομάδα Ελέγχου)	<i>Υγρή άπνοια:</i> -5,2 ±0,5% <i>Ξηρή άπνοια:</i> -6,8± 0,8% (vs Ομάδα Ελέγχου)	<i>Υγρή άπνοια:</i> -39 ±5% <i>Ξηρή άπνοια:</i> -29± 6% (vs Ομάδα Ελέγχου)	Το ΚΑ ήταν εντονότερο κατά την άσκηση με βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό σε σχέση με την άπνοια στον αέρα
Andersson et al., 2004	Εργόμετρο για 50' στα 80 Watt	<i>Υγρή άπνοια:</i> -35% <i>Ξηρή άπνοια:</i> -20% (vs Ομάδα Ελέγχου)	<i>Υγρή άπνοια:</i> 35 <i>Ξηρή άπνοια:</i> 30 (vs Ομάδα Ελέγχου)	<i>Υγρή άπνοια:</i> -8±1% <i>Ξηρή άπνοια:</i> -6± 1% (vs Ομάδα Ελέγχου)	<i>Υγρή άπνοια:</i> -40 <i>Ξηρή άπνοια:</i> -40 (vs Ομάδα Ελέγχου)	Το ΚΑ συνιστά στην εξοικονόμηση οξυγόνου ίσως μέσω πτώσεως της καρδιακής παροχής και της κυκλοφορίας του αίματος στην περιφέρεια κατά την άπνοια και ιδιαίτερα με βύθιση του προσώπου.
Παρούσα μελέτη	Δαπεδοεργό-μετρο για 3' με μέγιστη επιβάρυνση στο 85% της VO _{2max}	<i>Υγρή άπνοια:</i> -20,4% ±8% (από ηρεμία)	<i>Υγρή άπνοια:</i> 15% ±0,10% (από ηρεμία)	<i>Υγρή άπνοια:</i> -2,43 ±22,91% (από ηρεμία) (SO ₂)	Δεν υπάρχουν πληροφορίες	Η σύντομη αλλά έντονη άσκηση μπορεί να προκαλέσει εντονότερη εκδήλωση του ΚΑ σε σχέση με αυτό μετά από ηρεμία.

SaO₂: κορεσμός οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα, SO₂:κορεσμός οξυγόνου στο φλεβικό αίμα, SBF: ροή αίματος στο δέρμα
Οι αριθμοί σε () υποδηλώνουν μείωση

6.1 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Όπως κάθε ερευνητικό εγχείρημα, έτσι και η παρούσα μελέτη δεν είχε σαν αυτοσκοπό την «επίλυση» ορισμένων ερευνητικών θεμάτων αλλά κυρίως τον εντοπισμό και τον προσδιορισμό ερωτήσεων οι οποίες χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα συνοψίζονται ως εξής:

1. Να εξετασθεί το μέγεθος του πνεύμονα ως έμμεσος παράγοντας του βαθμού εκδήλωσης του καταδυτικού αντανακλαστικού καθώς επίσης και οι διαφορές ανάλογα με το επίπεδο βύθισης, την ενδοπλεύρια πίεση και τη θερμοκρασία του νερού (Song et al., 1969).
2. Να εξετασθούν περαιτέρω τα επίπεδα γαλακτικού κατά την άσκηση σε συνθήκες υποξίας και μη, υποθέτοντας ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Επιπροσθέτως, πιθανές διαφορές στα επίπεδα γαλακτικού κατά την άσκηση σε συνθήκες άπνοιας (ξηρής και υγρής) ενδέχεται να υπάρχουν ανάμεσα σε άτομα εξοικειωμένα στην υποξία (π.χ. δύτες) και σε μη εξοικειωμένα.
3. Να διερευνηθούν τα επίπεδα γλυκόζης σε υποξικές συνθήκες. Οι υποξία θα συνιστά ξηρή και υγρή άπνοια, με ή χωρίς άσκηση.
4. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να εξετάσει και τα επίπεδα των κατεχολαμινών (αδρεναλίνη, νοραδρεναλίνη και ντοπαμίνη) σε συνάρτηση με την ΚΣ κατά την άσκηση και αμέσως μετά σε συνδυασμό με συνθήκες υποξίας. Οι ορμονικές αποκρίσεις μετά από έκθεση σε κρύο –με ή χωρίς άπνοια- χρήζουν επίσης περαιτέρω διερεύνησης.
5. Εξέταση των διαφορών μεταξύ ξηρής και υγρής άπνοιας πριν και μετά από την άσκηση σε επαγγελματίες απνοιστές και μη, ελέγχοντας παράγοντες όπως, επίπεδο φυσικής κατάστασης, ηλικία καθώς και είδος άσκησης (ισομετρική, δυναμική, μυϊκές ομάδες, ένταση, διάρκεια).
6. Η πιθανή επίδραση της θέσης του σώματος ίσως χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για ορθότερα και ακριβέστερα συμπεράσματα. Οι άπνοιες να εκτελούνται σε διαφορετικές θέσεις όπως πρηνή, ύπτια, όρθια και καθιστή.
7. Να εξετασθεί λεπτομερέστερα ο ρόλος της Α.Π. σαν κοινή παράμετρος εκδήλωσης των δύο αντιφατικών αντανακλαστικών αφού παρουσιάζει όμοιες μεταβολές (αύξηση και στις δύο περιπτώσεις). Πιθανότατα η συνεχής καταγραφή της Α.Π. σε συνάρτηση με άλλες μεταβλητές όπως η ΚΠ θα μπορούσε να φέρει στην επιφάνεια τρίτους παράγοντες οι οποίοι την επηρεάζουν.
8. Να «βελτιωθεί» το πρωτόκολλο όσον αφορά την προσομοίωση έναρξης αγώνων ανοικτής θαλάσσης και ειδικότερα τριάθλου προσθέτοντας την ταυτόχρονη κίνηση χεριών τοποθετώντας τους συμμετέχοντες σε κολυμβητικό πάγκο κατά τη διάρκεια της άπνοιας. Οι συμμετέχοντες πρέπει να είναι τριαθλητές ή/και κολυμβητές ανοικτής θαλάσσης.
9. Οι βραχυπρόθεσμες και οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις της υποξικής προπόνησης σε κολυμβητές – τριαθλητές συμπεριλαμβανομένων, επιπέδων εξοικείωσης, αλλαγές στον αιματοκρίτη-αιμοσφαιρίνη, όγκο πνευμόνων, ανοχή στην υποξία, ΚΑ.

Κλείνοντας επισημαίνεται ότι οι παραπάνω προτάσεις αφορούν μόνο ενδεικτικές κατευθύνσεις οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικά δείγματα όπως ασκούμενους και μη, με διαφορετικά χρονοδιαγράμματα π.χ.

επανάληψη μετά από 1 μήνα, εφαρμόζοντας παρεμβάσεις όπως προπόνηση άπνοιας κλπ. Οι επιλογές είναι άπειρες και ο κάθε ερευνητής πρέπει να προσδιορίσει τους δικούς του στόχους λαμβάνοντας υπόψη και τους εκάστοτε περιορισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αμερικανική Αθλητιατρική Εταιρία (ACSM) (2007). *Κατευθύνσεις σχεδιασμού προγραμμάτων άσκησης και αξιολόγησης*. Αθήνα: Αθλότυπο.
- Γελαδάς, Ν. (2008). *Ελεύθερη κατάδυση: Η φυσιολογία της άπνοιας*. Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Κλεισούρας, Β. (2007). *Εργοφυσιολογία (I)*. Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Μπούρδας Δ. (2012). *Επαναλαμβανόμενη στατική άπνοια πριν από άσκηση: έλεγχος βιολογικών προσαρμογών και επίδραση στη σωματική απόδοση*. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα: ΕΚΠΑ.
- Νόβα-Καλτσούνη Χ. (2006). «*Μεθοδολογία Εμπειρικής Έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες: Ανάλυση δεδομένων με τη χρήση του SPSS13*». Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Ρούσσο, Π.Λ., & Τσαούσης Γ.(2011). *Στατιστική στις επιστήμες της συμπεριφοράς με τη χρήση του SPSS*. Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος
- Χερουβείμ, Ε. (2008). *Η επίδραση του φύλου στη διάρκεια άπνοιας*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- ACSM. (2006). *ACSM's Advanced exercise physiology*. USA: ACSM.
- Adams, T., & Herberling, E.J. Human physiological responses to a standard cold stress as modified by physical fitness. *Journal of Applied Physiology*, 132, 226-230.
- Agostoni, E. (1963). Diaphragm activity during breath holding: factors related to its onset. *Journal of Applied Physiology*, 18(1), 30-36.
- Alboni, P., Alboni, M., & Gianfranchi, L. (2011a). Simultaneous occurrence of two independent vagal reflexes: a possible cause of vagal sudden death. *Heart*, 97(8), 623-625.
- Alboni, P. Alboni, M., Gianfranchi, L. (2011b). Diving bradycardia: a mechanism of defence against hypoxic damage. *Journal of Cardiovascular Medicine*, 12(6), 422-427.
- Andersson, J.P., & Evaggelidis, L (2009). Arterial oxygen saturation and diving response during dynamic apneas in breath-hold divers. *Scandinavian Journal of Medicine and Sports Science*, 19(1), 87-91.
- Andersson, J., & Schagatay, E. (1998). Arterial oxygen desaturation during apnea in human. *Undersea Hyperbaric Medicine*, 25(1), 21-25.
- Andersson, J., Liner, M., Row, E., & Schagatay, E. (2002). Diving response and arterial oxygen saturation during apnea and exercise in breath-hold divers. *Journal of Applied Physiology*, 93, 882-886.
- Andersson, J., Liner, M., Fredsted, H., & Schagatay, E. (2004). Cardiovascular and respiratory responses to apnea with and without face immersion in exercising humans. *Journal of Applied Physiology*, 96, 1005-1010.
- Bakovic, D., Valic, Z., Eterovic, D., Vukovic, I., et al, (2003). Spleen volume and blood flow response to repeated breath-hold apneas. *Journal of Applied Physiology*, 95, 1460-1466.
- Bao, G., Metreveli N., Li, R., Taylor, A., Fletcher, E.C. (1997). Blood pressure response to chronic episodic hypoxia: role of the sympathetic nervous system. *Journal of Applied Physiology* 83, 95-101.

- Baum, E., Bruck, K., Schwennicke, H.P.(1976). Adaptive modifications in the thermoregulatory system of long distance runners. *Journal of Applied Physiology* 40, 404-410.
- Bengtsson, J., Bake, B., Johansson, A., Bengtson, J.P. (2001). End-tidal to arterial oxygen tension difference as an oxygenation index. *Acta Anaesthesiol Scand* 45(3), 357-63.
- Bergman, S.A., Campbell, J.K.Jr., Wildenthal, K.(1972). Diving reflex in man: Its relation to isometric & dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 33(1), 27-31.
- Boushel, R., Calbet, J.A.L., Rådegran, G., Sondergaard, H., Wagner, P.D., Saltin, B. (2001). Parasympathetic Neural Activity Accounts for the Lowering of Exercise Heart Rate at High Altitude. *Circulation*, 104,1785-1791.
- Braun, B., Mawson, J.T., Musa, S.R., et al. (2000). Women at altitude: Carbohydrate utilization during exercise at 4300 m. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 246-256.
- Brosius F. (2002). *SPSS11*. Bonn: MITP Verlag.
- Brown, C.M., Sanya, E.O., & Hilz, M.J. (2003). Effect of cold stimulation on cerebral blood flow in humans. *Brain Research Bulletin*, 61, 81-86.
- Chavez, J.C., Agani, F., Pichiule, P. et al. (2000). Expression of hypoxia-inducible factor-1alpha in the brain of rats during chronic hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1937-1942.
- Cooper, K.E., Martin, S. & Riben, P. (1976). Respiratory and other responses in subjects immersed in cold water. *Journal of Applied Physiology*, 40, 903-910.
- Courteix, D., Bedu, M., Fellmann, N. et al., (1993). Chemical and nonchemical stimuli during breath holding in divers are not independent *Journal of Applied Physiology*, 75(5), 2022-2027.
- de Bruijn, R., Richardson, M., & Schagatay, E. (2008). Increased erythropoietin concentration after repeated apnoeas in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 609-613.
- Dimsdale, J.E., (1977). Emotional causes of sudden death. *American Journal of Psychiatry*, 134(12), 1361-1366.
- Durnin, J.V.G.A., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurements on 481 men and women aged from 16-72 years. *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97.
- Espersen, K., Frandsen, H., Lorentzen, T., et al. (2002). The human spleen as an erythrocyte reservoir in diving-related interventions. *Journal of Applied Physiology*, 92, 2071-2079.
- Fajac, I., Texereau, J., Rivoal V., Dessanges, J.F., Dinh-Xuan, A.T., Dall'Ava-Santucci, J. (1998). Blood gas measurement during exercise: a comparative study between arterialized earlobe sampling and direct arterial puncture in adults. *European Respiratory Journal*, 11, 712-715.
- Ferretti, G., Costa, M., Ferretti, M. et al., (1991). Alveolar gas composition and exchange during deep breath-hold diving and dry breath holds in elite divers. *Journal of Applied Physiology*, 70 (2), 794-802.
- Frey, M.A.B., Selm, A.B., & Walther, J.W (1980). Reflex cardiovascular responses to cold exposure of the face or foot. *Japanese Heart Journal*, 21, 665-679.

- Fujita, J. (1999). Cold Shock Response in Mammalian Cells. *Journal of Molecular Microbiology Biotechnology*, 1(2), 243-255.
- Gagnon, D.D., Preorius, T., McDonald, G., Kenny, G.P., Giesbrecht, G.G. (2013). Cardiovascular and ventilatory responses to dorsal, facial and whole-head water immersion in eupnea. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 84(6), 573-583.
- Giesbrecht, G.G. (2000). Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. *Aviation, Space & Environmental Medicine*, 71(7), 733-752.
- Golden, F.St.C., & Hervey, G.R. (1981). The “after-drop” and death after rescue from immersion in cold water. In *Hypothermia Ashore and Afloat* (pp.37-56) (Ed.) Adam J.A, Aberdeen University Press, Aberdeen (όπως αναφέρεται στον Tipton, 1989).
- Golden, F.St.C., & Tipton, M.J., (1987). Human thermal response during leg-only exercise in cold water. *Journal of Physiology* 391, 399-405.
- Golden, F.St.C., & Tipton, M.J. (1988). Human adaptation o repeated cold immersions. *Journal of Physiology* 396, 349-363.
- Guillaume, C., Coquart J., Castres, I., Tourny, C. & Lemaitre, F. (2013). Hemodynamic adjustments during breath-holding in trained divers. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2523-2529.
- Hainsworth, R., Drinkhill, M.J., Rivera-Chira, M. (2007). The autonomic nervous system at high altitude. *Clinical Autonomic Research*, 17,13–19.
- Hartley, L.H., Vogel, J.A., & Cruz, J.C. (1974). Reduction of maximal exercise heart rate at altitude and its reversal with atropine. *Journal of Applied Physiology*, 36, 362-365.
- Hayward, J.S., Hay, C., Matthews, B.R., Overweel, C.H., Radford, D.D. (1984). Temperature effect on the human dive response in relation to cold water near-drowning. *Journal of Applied Physiology*, 56, 202-206.
- Heath, M.E., & Downy, J.A. (1990). The cold face test (diving reflex) in clinical autonomic assessment: methodological considerations and repeatability of responses. *Clinical Science*, 78, 139-147.
- Hurford, W.E., Hong, S.K., Park, Y.S. et al., (1990). Splenic contraction during breath-hold diving in the Korean ama. *Journal of Applied Physiology*, 69(3), 932-936.
- Hochachka, P.W. (1986). Defence strategies against hypoxia and hypothermia. *Science*, 231, 234-241.
- Jackson, C.G., & Sharkey, B.J. (1988). Altitude training and human performance. *Sports Medicine*, 6(5), 279-284.
- Jacobs, I., Romet, T., Frim, J., Hynes, A. (1984). Effects of endurance fitness on responses to cold water immersion. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 55, 715-720.
- Jacobs, M. (2010). Cold water immersion. *Wilderness Medicine magazine*, 25(3), 6-7.
- Jaja, S.I., & Etemire, E. (2006). Blood pressure and electrocardiographic changes during face immersion in water in young men on regular exercise. *Nig. Ot J. Hosp. Med.*, 16(1), 1-5.
- Jay, O., Julia, P.H., Christensen, J.P., & White MD. (2007). Human face-only immersion in cold water reduces maximal apnoeic times and stimulates ventilation. *Experimental Physiology*, 92(1), 197-206.
- Jay, O. & White, M.D. (2006). Maximum effort breath-hold times for males and females of similar pulmonary capacities during sudden face-only

- immersion at water temperatures from 0 to 33⁰ C. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31(5), 549-556.
- Jiang, Z., Yamaguchi, H., Tanaka, H., & Miyamoto, H. (1994). Blood flow velocity in common carotid artery in humans during breath-holding and face immersion. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 65, 936-943.
- Joulia, F., Steinberg, J.G., Wolff, F. et al. (2002). Reduced oxidative stress and blood lactic acidosis in trained breath-hold human divers. *Respiratory Physiological Neurobiology*, 133, 121–130.
- Johnson, D.G., Hayward, J.S., Jacobs, T.P., Collis, M.L., Eckerson, J.D. & Williams, R.H. (1977). Plasma norepinephrine responses of man in cold water. *Journal of Applied Physiology*, 43, 216-220.
- Joulia, F., Steinberg, J.G., Faucher, M. et al. (2003). Breath-hold training of humans reduces oxidative stress and blood acidosis after static and dynamic apnea. *Respiratory Physiological Neurobiology*, 137, 9–27.
- Joulia, F., Lemaitre, F., Fontanari, P., et al., (2009). Circulatory effects of apnoea in elite breath-hold divers. *Acta Physiologica*, 197, 75–82.
- Keatinge, W.R., Evans, M. (1961). The respiratory and cardiovascular response to immersion in cold and warm water. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 46, 83-94.
- Keatinge, W.R., Melroy, M.B. & Goldfien, A. (1964). Cardiovascular responses to ice-cold showers. *Journal of Applied Physiology*, 19, 1145-1150.
- Keatinge, W.R. & Nadel, J.A. (1965). Immediate respiratory response to sudden cooling of the skin. *Journal of Applied Physiology*, 20, 65-69.
- Kiviniemi, A.M., Breskovic, T., Uglesic, L., Kuch, B., Maslov, P.Z., Sieber, A., Seppänen, T., Tulppo, M.P., Dujic, Z. (2012). Heart rate variability during static and dynamic breath-hold dives in elite divers. *Autonomic Neuroscience*, 169(2), 95-101.
- Keatinge, W.R., Prys-Roberts, C., Cooper, K.E., Honour, A.J., & Haight, J. (1969). Sudden failure of swimming in cold water. *British Medical Journal*, 480-483.
- Lemaitre, F., Seifert, L., Polin, D., et al. (2009). Apnea training effects on swimming coordination. *Journal of Strength Conditioning Research*, 23, 1909–1914.
- Lemaitre, F., Julia, F., & Chollet, D. (2010). Apnea: A new training method in sport? *Medical Hypotheses*, 74, 413–15.
- Lin, Y.C., Lally, D.A., Moore, T.O., Hong, S.K. (1974). Physiological and conventional breath-hold breaking points. *Journal of Applied Physiology*, 37, 291-296.
- Lindholm, P., Sundbland, P., & Linnarsson, D. (1999). Oxygen-conserving effects of apnea in exercising men. *Journal of Applied Physiology*, 87(96), 2122-2127.
- Lindholm, P., Nordh, J., & Linnarsson, D. (2002). Role of hypoxemia for cardiovascular responses to apnea during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 283, R1227-R1235.
- Lundby, C., Saltin, B., Van Hall, G. (2000). The ‘lactate paradox’, evidence for a transient change in the course of acclimatization to severe hypoxia in lowlanders. *Acta Physiologica Scandinavica*, 170 (4), 265–269.
- Lundgren, C.E.G., Ferrigno, M. (1985). Physiology of breath-hold diving. 31st Undersea and Hyperbaric Medical Society Workshop. (eds). *Undersea and*

- Hyperbaric Medical Society*. Retrieved from <http://archive.rubicon-foundation.org/7992>. Retrieved 2009-04-16.
- Mackensen, G.B., McDonagh, D.L., & Warner, D.S. (2009). Preoperative hypothermia: use and therapeutic implications. *Journal of Neurotrauma*, 26 (3), 342–358.
- Mathew, P.K. (1981). Diving reflex. Another method of treating paroxysmal supraventricular tachycardia. *Archives in International Medicine*, 141 (1), 22–23.
- Mazzeo, R.S., Donovan, D., Fleshner, M. et al. (2001). Interleukin-6 response to exercise and high-altitude exposure: influence of α -adrenergic blockade. *Journal of Applied Physiology*, 91, 2143-2149.
- Mazzeo, R.S., & Fulco, C.F. (2006). Physiological systems and their responses to conditions of hypoxia (564-580). In *ACSM'S Advanced Exercise Physiology*. U.S.A.: ACSM.
- Meehan, R., Duncan, U., Neale, L. et al. (2004). Operation Everest II: Alterations in the immune system at high altitudes. *Journal of Clinical Immunology*, 8, 397-406.
- Millet, G.P., Faiss, R., & Pialoux, V. (2012). Hypobaric hypoxia induces different responses than normobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, Jan, 3-10.
- Morse DR, Martin J, Joshua M. (1992). Stress induced sudden cardiac death: can it be prevented? *Stress Medicine*, 8, 35-46.
- Mounier, R. & Brugniaux, JV. (2012). Hypobaric hypoxia does not induce different responses than normobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, (Jan), 11-18.
- Nygren-Bonnier, M., Gullstrand, L., Klefbeck, B. et al., (2007). Effects of glossopharyngeal pistoning for lung insufflation in elite swimmers. *Medical Science Sports & Exercise*, 39, 836–841.
- Palada, I., Eterovic, I., Obad, A. et al., (2007). Spleen and cardiovascular function during short apneas in divers. *Journal of Applied Physiology*, 103, 1958–1963.
- Pan, A., He, J., Kinouchi, Y., Yamaguchi, H., & Miyamoto H. (1997). Blood flow in the carotid artery during breath-holding in relation to diving bradycardia. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 388-395.
- Prabhakar, N.R., & Peng, Y. (2004). Peripheral chemoreceptors in health and disease. *Journal of Applied Physiology*, 96, 359-366.
- Richardson, M., de Bruijn, R., Holmberg, H.C., Björklund, G., Haughey, H. & Schagatay, E. (2005). Increase of hemoglobin concentration after maximal apneas in divers, skiers, and untrained humans. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 30(3), 276-281.
- Sauty, A., Uldry, C., Debetaz L.F., Leuenberger, P. & Fitting J.W. (1996). Differences in PO₂ and PCO₂ between arterial and arterialized earlobe samples. *European Respiratory Journal*, 9,186-189.
- Sawka, M.N., & Young, A.J. (2006). Physiological systems and their responses to conditions of heat and cold (535-563). In *ACSM'S Advanced Exercise Physiology*. U.S.A.: ACSM.
- Schagatay, E., & Holm, B. (1996). Effects of water and ambient air temperatures on human diving bradycardia. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 1-6.

- Schagatay, E., van Kampen, M., Emanuelsson, S., & Holm, B. (2000). Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 2 (82), 161-169.
- Schagatay, E.K.A., Andersson, J.P.A., Halle, M., & Pålsson, B. (2001). Physiological and genomic consequences of intermittent hypoxia - selected contribution: Role of spleen emptying in prolonging apnoeas in humans. *Journal of Applied Physiology*, 90, 1623-1629.
- Schagatay, E., Haughey, Z.H., Reimers, Z.J. (2005). Speed of spleen volume changes evoked by serial apneas. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 447-452.
- Schagatay, E.K.A., Andersson, J.P.A., Nielsen, B. (2007). Haematological response and diving response during apnea and apnea with face immersion. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 125-132.
- Semenza, G.L. (2009). Regulation of oxygen homeostasis by hypoxia-inducible factor. *Physiology (Bethesda)*, 24, 97-106.
- Sharp, F.R., Ran, R., Lu, A. et al. (2004). Hypoxic preconditioning protects against ischemic brain injury. *NeuroRx*, 1, 26-35.
- Shattock, M.J., & Tipton, M.J. (2012). Autonomic conflict: a different way to die during cold water immersion? *Journal of Physiology*, 590 (14), 3219-3230.
- Song S.H., Lee Y.K., Chung Y.A Hong S.K. (1969). Mechanism of apneic bradycardia in man. *Journal of Applied Physiology*, 27(3), 323-327.
- Speck, D.F., & Bruce, D.S. (1978). Effects of varying thermal and apnoeic conditions on the human diving reflex. *Undersea Biomedical Research*, 5 (1), 9-14.
- Strzała, M., Ostrowski, A., & Szyguła, Z. (2011). Altitude training and its influence on physical endurance in swimmers. *Journal of Human Kinetics - Section II Exercise Physiology & Sports Medicine*, 28(91), 91-105.
- Tipton, M.J. (1989). The initial responses to cold-water immersion in man. *Clinical Science*, 77, 581-588.
- Tipton, M.J. & Golden, G.St.C. (1987). The influence of regional insulation on the initial responses to cold water immersion. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 58, 1192-1196.
- Tipton, M.J. & Vincent, M.J. (1989). Protection provided against the initial responses to cold immersion by partial coverage of wet suit. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 60, 769-773.
- Tocco, F., Crisafulli, A., Melis, F., Porru, C., Pittau, G., Milia, R., & Concu, A. (2012). Cardiovascular adjustments in breath-hold diving: comparison between divers and non-divers in simulated dynamic apnoea. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 543-54.
- Tocco, F., Marongiu, E., Pinna, M., Roberto, S., Pusceddu, M., Angius, L., Migliaccio, G., Milia, R., Concu, A., Crisafulli, A. (2013). Assessment of circulatory adjustments during underwater apnoea in elite divers by means of a portable device. *Acta Physiologica Oxford*, 207(2):290-8.
- Toner, M.M., & McArdle, W.D. (1996). Human thermoregulatory responses to acute cold stress with special reference to water immersion. In M.J. Fregly, & C.M. Blatteis (Eds). *Handbook of Physiology, section 4: Environmental physiology* (pp. 379-418). NY: Oxford University.

- Vander, A., Sherman, J., Luciano, D. (2001). *Human physiology: The mechanisms of body function*. (8th ed) (Επιμέλεια Ελληνικής έκδοσης, Γελαδάς, Ν. & Τσακόπουλος Μ., τόμος ΙΙ). Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Wassmann, H., Greiner, C., Hulsmann, S. et al., (1998). Hypothermia as cerebroprotective measure: Experimental hypoxic exposure of brain slices and clinical application in critically reduced cerebral perfusion pressure. *Neurological Research*, 20, S61-S65.
- West, JB. (1984). Human physiology at extreme altitudes on Mount Everest. *Science*, 223(4638), 784-788.
- Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2006). *Φυσιολογία της άσκησης και του αθλητισμού, τόμος Ι*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Wilmore, J.H., Costill, D.L., & Kenney, W.L.W. (2008). *Physiology of sport and exercise*. U.S.A.: Human Kinetics.
- Witkowski, Ge., R.L.S., Zhang, Y. et al., (2002). Determinants of erythropoietin release in response to short-term hypobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 92, 2361-2367.
- Wolf, S. (1967). The end of the rope: the role of the brain in cardiac death. *Short Communication*, 97(3), 1022-1025.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII

8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

8.1 Έντυπο ενημέρωσης και συγκατάθεσης δοκιμαζομένων



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός»
Τομέας Υγρού Στίβου

Ενημέρωση Δοκιμαζομένων και Δήλωση Συγκατάθεσης Συμμετοχής σε Έρευνα

Η έρευνα στην οποία πρόκειται να προσυπογράψεις τη συμμετοχή σου διεξάγεται στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός» του Τμήματος Ε.Φ.Α.Α του Πανεπιστημίου Αθηνών. Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση των φυσιολογικών αποκρίσεων κατά τη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό πριν και μετά από σύντομη άσκηση. Οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν στην αίθουσα Σ2 (στο ισόγειο του *κίτρινου κτιρίου* στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως 52) και αποτελούνται από δύο μέρη: (α) τις προκαταρκτικές μετρήσεις και (β) την κύρια δοκιμασία.

Οι προκαταρκτικές μετρήσεις έχουν σαν κύριο στόχο τον προσδιορισμό της φυσικής κατάστασης των δοκιμαζομένων μέσω της αξιολόγησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) με το Bruce τεστ. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας θα σας συνδέσουμε μέσω της ειδικής ζώνης με το καρδιοσυχνόμετρο Polar για τη συνεχή καταγραφή της καρδιακής σας συχνότητας. Επίσης, θα εισπνέετε και θα εκπνέετε μόνο από το στόμα σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας μέσω ενός ειδικού επιστομίου ενώ στη μύτη θα τοποθετήσουμε ειδικό ρινοπίεστρο. Αρχικά, η δοκιμασία είναι πολύ ήπια ενώ, προοδευτικά και ανά 3 λεπτά, θα αυξάνεται η ταχύτητα και η κλίση στο δαπεδοεργόμετρο. Στόχος σας είναι να συνεχίσετε να περπατάτε ολοκληρώνοντας όσα περισσότερα στάδια μπορείτε. Σε περίπτωση που νιώσετε αδιαθεσία ή πόνο μπορείτε να σταματήσετε. Θα υπάρχει στη διάθεση σας εξειδικευμένο προσωπικό για αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων λόγω της έντασης της άσκησης.

Η κύρια δοκιμασία θα γίνει εντός 6-7 ημερών μετά την ολοκλήρωση των προκαταρκτικών μετρήσεων. Κατά την προσέλευση σας θα κάνετε ένα ήπιο ζέσταμα και διατάσεις. Αμέσως μετά θα σας συνδέσουμε με το καρδιοσυχνόμετρο Polar ενώ ένα φορητό οξύμετρο θα τοποθετηθεί στο δείκτη του αριστερού σας χεριού και στο βραχίονα του ίδιου χεριού θα τοποθετήσουμε την περιχειρίδα από το πιεσόμετρο. Η κύρια δοκιμασία περιλαμβάνει τρεις διακριτές φάσεις: (α) ηρεμία, (β) άπνοια μετά από ηρεμία και (γ) άπνοια μετά την άσκηση. Στην **πρώτη φάση** της ηρεμίας θα είστε σε καθιστή θέση για 10' όπου θα καταγράψουμε την καρδιακή συχνότητα και την αρτηριακή πίεση. Επίσης θα συλλέξουμε τα αναπνευστικά σας αέρια για 2 λεπτά και θα γίνει η πρώτη λήψη μικρής ποσότητας φλεβικού αίματος (10μl) από νοσηλεύτρια για άμεσο

προσδιορισμό μέσω αυτόματου αναλυτή των παρακάτω: **γαλακτικό, pH, P_{CO2}, P_{O2}, TCO₂, HCO₃, BE και SO₂**. Κατόπιν θα ξαπλώσετε σε πρηνή θέση σε πάγκο όπου θα σας ζητηθεί να βυθίσετε το πρόσωπο σας σε λεκάνη με κρύο νερό (10⁰C) για 40 δευτερόλεπτα τουλάχιστον (**2^η φάση**). Θα συλλέξουμε τα πρώτα αναπνευστικά αέρια μετά την άπνοια για 2 λεπτά μέσω φορητού σπιρόμετρου. Αμέσως μετά θα γίνει η δεύτερη λήψη αίματος και καταγραφή της αρτηριακής πίεσης. Η **τρίτη φάση** ξεκινά με γρήγορο περπάτημα σε δαπεδοεργόμετρο με κλίση. Η αύξηση της επιβάρυνσης θα είναι προοδευτική μέχρι να φτάσετε περίπου στο 85% της VO₂max και με συνολική διάρκεια 3 λεπτά. Αμέσως μετά την άσκηση θα βυθίσετε και πάλι το πρόσωπο σας σε λεκάνη με κρύο νερό αφού φέρετε το σώμα σας σε πρηνή θέση στον πάγκο. Η τρίτη και τελευταία λήψη αίματος θα γίνει και πάλι σε καθιστή θέση. Επίσης θα καταγράψουμε τις τελευταίες μετρήσεις (καρδιακή συχνότητα, αρτηριακή πίεση και κορεσμό O₂) σε καθιστή θέση (10') και μετά θα σας αποσυνδέσουμε από τα εργαστηριακά όργανα. Τόσο οι προκαταρκτικές μετρήσεις όσο και η κύρια δοκιμασία αποτελούν διαδικασίες ρουτίνας και δεν εμπεριέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο για το δοκιμαζόμενο Ωστόσο, είναι δική σας υποχρέωση να μην αποκρύψετε οποιαδήποτε πληροφορία αναφορικά με την κατάσταση της υγείας σας πριν από την έναρξη των μετρήσεων (βλέπε ερωτηματολόγιο φυσικής ικανότητας σελ 4). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι **άκρως εμπιστευτικά** και **ανώνυμα** για δική σας χρήση και της ερευνητικής ομάδας (σε συνολικό επίπεδο). Για περαιτέρω ερωτήσεις, διευκρινήσεις ή παρατηρήσεις είμαι πάντοτε στη διάθεσή σας. Επιπροσθέτως μπορείτε να απευθυνθείτε στην Επίκουρη Καθηγήτρια Ελένη Σουλτανάκη (ώρες γραφείου).

Σας ευχαριστώ πολύ
Κωνσταντινίδου Σύλβια
Μεταπτυχιακή φοιτήτρια «Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός»

Διάβασα τα παραπάνω και κατανόησα πλήρως τις διαδικασίες στις οποίες θα υποβληθώ. Συγκατατίθεμαι να συμμετάσχω αβίαστα και διατηρώ το δικαίωμα να σταματήσω ή να αποσυρθώ. Επισυνάπτω το ερωτηματολόγιο «Φυσικής Ικανότητας» συμπληρωμένο και υπογεγραμμένο.

Όνοματεπώνυμο Δοκιμαζόμενου	Όνοματεπώνυμο Κηδεμόνα*	Όνοματεπώνυμο Ερευνητή	Όνοματεπώνυμο Μάρτυρα
--------------------------------	----------------------------	---------------------------	--------------------------

Υπογραφή	Υπογραφή	Υπογραφή	Υπογραφή
----------	----------	----------	----------

***μόνο στην περίπτωση που ο δοκιμαζόμενος είναι κάτω των 18 ετών**

Αθήνα .../.../2014

8.2 Επιπρόσθετες οδηγίες και πληροφορίες για τους δοκιμαζόμενους



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός»
Τομέας Υγρού Στίβου

Επιπρόσθετες Οδηγίες και Πληροφορίες για τους Δοκιμαζόμενους

Προετοιμασία πριν από κάθε δοκιμασία

Οι οδηγίες που ακολουθούν αφορούν όλους τους δοκιμαζόμενους και για τις δύο φάσεις του πειράματος

1. Να διατηρήσετε σε όλη τη διάρκεια της μελέτης (7-10 ημέρες) τις καθημερινές σας συνήθειες συμπεριλαμβανομένων διατροφικών και προπονητικών προγραμμάτων, ύπνου, ξεκούρασης κλπ.
2. Να αποφύγετε την έντονη άσκηση για 2 ημέρες πριν από κάθε δοκιμασία.
3. Να μην καταναλώσετε αλκοόλ για 24 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία.
4. Να μην καπνίσετε για 3 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία
5. Να μην καταναλώσετε οποιοδήποτε είδος τροφής συμπεριλαμβανομένων καφέ και τσαγιού 3 ώρες πριν από κάθε δοκιμασία
6. Να φροντίσετε να είστε ακριβείς στο πειραματικό σας ραντεβού.
7. Να προσέλθετε στο εργαστήριο με αθλητική περιβολή και αθλητικά παπούτσια.
8. Να έχετε μαζί σας μια αλλαξιά ρούχα τα οποία μπορείτε να φορέσετε μετά τη δοκιμασία (εάν επιθυμείτε).
9. Εάν δεν μπορείτε να παρουσιαστείτε στο εργαστήριο, παρακαλούμε **επικοινωνήστε μαζί** μας το συντομότερο δυνατόν στα εξής τηλέφωνα: **κιν. 697 15 40 901 σταθ. 211 010 3296** (Σύλβια Κωνσταντινίδου) ή μέσω e-mail sylvia_konst@phed.uoa.gr και esoultan@phed.uoa.gr.

Ελπίζουμε ότι η συμμετοχή σας θα είναι μια ευχάριστη και επικοινωνιακή εμπειρία και σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για το ενδιαφέρον σας και για το χρόνο που αφιερώνετε στην έρευνα μας.

8.3 Ερωτηματολόγιο Φυσικής Ικανότητας

Ερωτηματολόγιο Φυσικής Ικανότητας

Πρέπει να συμπληρωθεί πριν από τη συμμετοχή σας στις δοκιμασίες

Παρακαλώ κυκλώστε την κατάλληλη απάντηση

1. Σας έχει πει ποτέ ο γιατρός σας ότι έχετε πρόβλημα με την καρδιά σας; ΝΑΙ / ΟΧΙ
2. Σας έχει πει ποτέ ο γιατρός σας ότι έχετε πρόβλημα με το αναπνευστικό σας σύστημα; ΝΑΙ / ΟΧΙ
3. Σας έχει πει ποτέ ο γιατρός σας ότι έχετε υψηλή πίεση; ΝΑΙ / ΟΧΙ
4. Σας έχει πει ποτέ ο γιατρός σας ότι έχετε κάποιο πρόβλημα με τα οστά ή τους συνδέσμους σας (π.χ. αρθριτικά) ΝΑΙ / ΟΧΙ
5. Υποφέρετε συχνά από πόνους στο στήθος σας; ΝΑΙ / ΟΧΙ
6. Αντιμετωπίζετε κάποιο αναπνευστικό πρόβλημα; ΝΑΙ / ΟΧΙ
7. Νιώθετε συχνά εξασθενημένος ή αισθάνεστε ζαλάδες; ΝΑΙ / ΟΧΙ
8. Λαμβάνετε κάποιο είδος φαρμακευτικής αγωγής όπως φάρμακα για καρδιαγγειακά προβλήματα ή υψηλή πίεση; ΝΑΙ / ΟΧΙ
9. Έχετε κρύα δάκτυλα ή σύνδρομο Raynaud (Ρεϊνό) ΝΑΙ / ΟΧΙ
10. Υπάρχει κάποιος σημαντικός λόγος ο οποίος, κατά τη γνώμη σας δεν σας επιτρέπει να συμμετάσχετε σε άσκηση μέγιστης έντασης; ΝΑΙ / ΟΧΙ

Σημείωση: τροποποιημένο από *PAR-Q Validation Report*, British Columbia Department of Health (1975, όπου αναφέρεται τροποποιημένο από τους Chisholm, Collins, Davenport, Gruber & Kulak, 1975).

Εάν απαντήσετε **ΝΑΙ** έστω και σε μία ερώτηση, παρακαλούμε να ζητήσετε **γνωμοδότηση** από το **γιατρό** σας κατά πόσον θα μπορέσετε να συμμετάσχετε σε **άσκηση μέγιστης έντασης**

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται από τις διατάξεις του Ν 1599/1996 δηλώνω ότι: όλα τα παραπάνω είναι αληθή

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο:
(δοκιμαζόμενος / κηδεμόνας διαγράψτε αναλόγως)

Κιν.:

8.4 Έντυπο για πειραματικά ραντεβού



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός»
Τομέας Υγρού Στίβου

Πειραματικά Ραντεβού

1^η δοκιμασία

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Ωρα:

2^η δοκιμασία

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Ωρα:

8.5 Συνοπτικά αποτελέσματα ερευνών στην άπνοια

Πίνακας Α8.1. Σύνοψη ερευνών στην άπνοια

Ερευνητές	Δοκιμαζόμενοι	Πρωτόκολλο	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
<i>Άπνοια χωρίς βύθιση στο νερό</i>				
de Bruijn et al., (2008)	▪ 10 εθελοντές	<u>15 μέγιστες άπνοιες:</u> <ul style="list-style-type: none"> • 3 σετ x 5 άπνοιες • 10' διάλειμμα/σετ • 2' διάλειμμα / επαναλήψεις • 1' υπεραερισμό πριν από κάθε άπνοια 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ ερυθροποιητίνης (24% $p < 0,01$) ▪ Καμία αλλαγή στην ομάδα ελέγχου 	Οι επαναλαμβανόμενες άπνοιες αυξάνουν την EPO στον άνθρωπο.
Joulia et al., (2002)	Προπονημένοι δύτες – 440 δευτ. & απροπόνητα άτομα – 145 δευτ. (ομάδα ελέγχου - OE)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μέγιστη στατική ▪ Δυναμική 2 x 1' (άσκηση μόνο με χέρια) 	<u>OE 3 συνθήκες</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ γαλακτικού ▪ ↑ οξειδωτικό στρες <u>Δύτες – 3 συνθήκες</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <οξειδωτικό στρες 	Οι προπονημένοι δύτες έχουν < οξειδωτικό στρες μετά την άσκηση & την άπνοια σε σχέση με την ομάδα ελέγχου
Joulia et al., (2009)	Δύτες και μη δύτες	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Στατική Άπνοια ▪ Δυναμική Άπνοια 	<u>Δύτες (στατική & δυναμική άπνοια)</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ >βραδυκαρδία ▪ > αγγειοσυστολή ▪ < ↓ SaO₂ ▪ > ↑ καρωτιδική κυκλοφορία 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι δύτες εμφανίζουν μεγαλύτερο δυναμικό στην απόκριση σε άπνοια (στατική & δυναμική). ▪ Πιθανή καλύτερη αιμάτωση του εγκεφάλου οδηγεί σε > διάρκεια άπνοιας
Lindholm et al., 1999	9 υγιείς άνδρες	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Άσκηση σε κυκλοεργόμετρο (1200Watt) για 45' ▪ 4-5 άπνοιες 	Τα άτομα με τις εντονότερες καρδιαγγειακές αποκρίσεις παρουσίασαν τον πιο αργό ρυθμό κορεσμού O ₂	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η βραδυκαρδία και η υπέρταση κατά την άπνοια συνδέονται με την εξοικονόμηση O₂. ▪ Η διακοπή της αναπνοής είναι απαραίτητη γι' αυτές τις αποκρίσεις κι όχι η υποξία
Palada et. al., (2007)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 7 προπονημένοι δύτες ▪ Ρεκόρ διάρκειας 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 άπνοιες (μέγιστο πνευμονικό όγκο και χαμηλό) 15-20 δευτ με 	<u>1^η άπνοια</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↓ όγκου σπλήνα ▪ ↑ Α.Π. 	Η συστολή του σπλήνα παρουσιάζεται στην αρχή της άπνοιας και γίνεται εντονότερη με το

	άπνοιας 240-335 δευτ	5' ενδιάμεσο διάλειμμα ▪ Με ή χωρίς ενεργοποίηση του Κ.Α.	▪ ↓ ΚΣ και CO <u>2^η άπνοια</u> ▪ Καμία αλλαγή στην Α.Π.	Κ.Α. (<i>cold forehead stimulation</i>)
Richardson et al., (2005)	▪ Ομάδα Α: n = 33 ελίτ δύτες ▪ Ομάδα Β: n = 13 σκιέρ ▪ Ομάδα Γ: n = 32 απροπύνητοι	▪ 3 μέγιστες άπνοιες ▪ 2' διάλειμμα ▪ Χωρίς υπεραερισμό	▪ ↑ Hb – έφυγε μετά από 10' ▪ ↑ διάρκειας άπνοιας ▪ > στους δύτες	H ↑ της Hb και της διάρκειας άπνοιας ήταν εμφανής & στις 3 ομάδες αλλά μεγαλύτερη στους δύτες λόγω προπόνησης άπνοιας
<i>Άπνοια & Βύθιση στο νερό</i>				
Andersson et al., (2002)	8 προπονημένοι δύτες	<u>Άσκηση στο κυκλοεργόμετρο (100W)</u> ▪ με άπνοια (30") στον αέρα και ▪ άπνοια (30") με βύθιση προσώπου στο νερό 10 ⁰ C	▪ ↓ κορεσμού O ₂ > με βύθιση ▪ ↓ ΚΣ > με βύθιση ▪ ↑ Α.Π. > με βύθιση	▪ Το Κ.Α. ↓ την εξάντληση O ₂ στους πνεύμονες με > ↓ περιφερικού O ₂ στις φλέβες και ↑ της αναρεοβίωσης, ▪ Καθυστερήση ↓ κυψελιδικής και αρτηριακής PO ₂ και ανάπτυξης υποξίας στα ζωτικά όργανα
Andersson et al., (2004)	15 προπονημένοι δύτες	<u>Άσκηση σε κυκλοεργόμετρο (80W)</u> ▪ Άπνοια (40") στον αέρα ▪ Άπνοια (40") με βύθιση στο νερό 10 ⁰ C	▪ ↑ Α.Π. ▪ ↓ ΚΣ ▪ ↓ πρόσληψης O ₂ ▪ ↑ γαλακτικού Εντονότερα με βύθιση	Το Κ.Α. είναι εντονότερο με τη βύθιση σε κρύο νερό σε σχέση με τη ξηρή άπνοια και αφορά στην εξοικονόμηση O ₂
Bakovic et al. (2003)	▪ 10 δύτες ▪ 10 υγιείς άνδρες ▪ 7 άνδρες με σπληνεκτομή	▪ μέγιστες άπνοιες με βύθιση σε κρύο νερό (ενδιάμεσο διάλειμμα 2') ▪ Παρακολούθηση σπλήνα με υπέρηχους στα 0, 10, 20, 40 και 60 λεπτά μετά την τελευταία άπνοια	▪ Η μέγιστη διάρκεια άπνοιας ήταν στην 3 ^η προσπάθεια (δύτες και άνδρες με σπληνεκτομή) ▪ Γρήγορη μείωση του όγκου του σπλήνα (20%) και μερική επαναφορά 60' μετά το πέρας της δοκιμασίας ▪ ↑ Α.Π.	Η γρήγορη σύσπαση του σπλήνα και αργή επάνοδος ίσως βοήθησε στην επέκταση του χρόνου διάρκειας των συνεχόμενων άπνων.

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ ↓ ΚΣ 	
Bergman et al., (1972)	10 άνδρες (22-32 ετών)	<p><u>2 συνθήκες : άπνοια με βύθιση σε 15 °C και χωρίς</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ΟΕ – σε ηρεμία ▪ ΠΟ – συνθήκη (Α) – άσκηση σε κυκλοεργόμετρο ▪ ΠΟ – συνθήκη (Β) – ισομετρική άσκηση 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ Α.Π. ▪ ↓ ΚΣ ▪ > αλλαγές στη συνθήκη Α ▪ Η ↓ ΚΣ < χωρίς βύθιση 	<p>Το ΚΑ κυριαρχεί στον άνθρωπο τόσο στη δυναμική όσο και στην ισομετρική άσκηση. Οι αποκρίσεις είναι εντονότερες κατά τη δυναμική άσκηση σε σχέση με την ισομετρική</p>
Espersen et al., (2002)	<p>Ομάδα Α: n = 12 άνδρες χωρίς καταδυτική εμπειρία</p> <p>Ομάδα Β: n = 10 άνδρες με καταδυτική εμπειρία</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15' σε ηρεμία ▪ Άπνοια ▪ Άπνοια με βύθιση προσώπου σε νερό 10°C <ul style="list-style-type: none"> ○ (Α) X 5, (Β) X 3 ○ «κρύα βρεγμένα ρούχα» στο πρόσωπο και στο λαιμό@30" με κανονική αναπνοή ▪ (Β) μέγιστη άπνοια x 2 με βύθιση προσώπου σε κρύο νερό ▪ Διάλειμμα 10-15' 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η βύθιση προσώπου με μέγιστη άπνοια (ομάδα Β) είχε τη μεγαλύτερη: <ul style="list-style-type: none"> ○ ↑ Hct ○ ↑ Hb 	<p>Η σύσπαση του σπλήνα πρέπει να εξετάζεται παράλληλα με τη βραδυκαρδία, τη ↓ περιφερικής αιματικής ροής και την ↑ Α.Π. στο καταδυτικό αντανακλαστικό</p>
Ferretti et al., (1991)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 δύτες ελεύθερης κατάδυσης ▪ 9 υγιείς άνδρες (ΟΕ) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Κατάδυση 40-70μ διάρκειας 88-151 δευτ. (μόνο δύτες) ▪ Ξηρές άπνοιες (ΟΕ) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ο κορεσμός O₂ στο αρτηριακό αίμα μειώθηκε περισσότερο στους δύτες 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι ελίτ δύτες χαρακτηρίζονται από υψηλό αναερόβιο μεταβολισμό που πιθανόν λόγω Κ.Α.
Hurford et al., (1990)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 γυναίκες δύτες ελεύθερης κατάδυσης (Ama) ▪ 3 άνδρες δύτες αυτόνομης κατάδυσης 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Επανειλημμένες καταδύσεις άπνοιας (6μ) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μείωση όγκου σπλήνα (μήκος και πάχος) μόνο στις Ama ▪ Αύξηση Hb και Hct μόνο στις Ama 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η συστολή του σπλήνα και η αύξηση του Hct μετά από επαναλαμβανόμενες καταδύσεις άπνοιας συνέβηκε μόνο στις Ama
Jaja & Etemire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ομάδα Α: n = 16 	<u>Ομάδα ελέγχου</u>	<u>Παράμετροι Α.Π. &</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Παρόμοιες αλλαγές στην ΑΠ και

(2006)	<ul style="list-style-type: none"> απροπόνητοι ▪ Ομάδα Β: n = 11 ▪ Άνδρες 20-32 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Άπνοια στον αέρα <u>Συνθήκη (Α)</u> ▪ Βύθιση προσώπου σε νερό 21°C για 2' <u>Συνθήκη (Β)</u> ▪ Βύθιση προσώπου σε νερό 40°C για 2' 	<p><u>ΗΚΓ</u></p> <p><u>Ομάδα Α</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ Δ.Π., MAP ▪ ↓ ΚΣ <p><u>Ομάδα Β</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ Δ.Π., MAP ▪ ↓ ΚΣ 	<p>στο ΗΚΓ με τη βύθιση προσώπου στο νερό (21°C & 40°C).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ >↓ ΚΣ στο κρύο νερό ▪ Η εξοικονόμηση O₂ κατά τη βύθιση του προσώπου οφείλεται στη βραδυκαρδία η οποία υπερτερεί της αυξημένης Α.Π.
Schagatay & Holm (1996)	23 άνδρες εθελοντές	<ul style="list-style-type: none"> 3 σετ μέγιστης άπνοιας μετά από 60' έκθεση σε: ▪ Θερμοκρασία αέρα 10°C, 20°C, 30°C ▪ Και με βύθιση προσώπου σε θερμοκρασία νερού 10°C, 20°C, 30°C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ > ↓ ΚΣ με <ul style="list-style-type: none"> ○ υψηλή θερμοκρασία αέρα και ○ χαμηλή θερμοκρασία νερού 	<p>Αντιστρόφως ανάλογη η απόκριση βραδυκαρδίας λόγω βύθισης σε κρύο νερό σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν από την άπνοια επηρεάζει το βαθμό βραδυκαρδίας.</p>
Schagatay et al., (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ομάδα Α: n = 24 φυσική δραστηριότητα ▪ Ομάδα Β: n = 9 προπόνηση άπνοιας 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 άπνοια χωρίς βύθιση προσώπου ▪ 5 άπνοιες με βύθιση σε κρύο νερό ▪ Διάλειμμα 2' 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ομάδα Α: ↑ διάρκειας άπνοιας < Ομάδα Β ▪ Ομάδα Β: καθυστέρηση ↑ PCO₂ 	<p>Επεξήγηση του έντονου Κ.Α. και της μεγάλης διάρκειας άπνοιας σε προπονημένους δύτες</p>
Schagatay et al., (2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 υγιείς άνδρες ▪ 10 με σπληνεκτομή 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 μέγιστες άπνοιες με βύθιση προσώπου στο νερό 10°C ▪ Διάλειμμα 2' 	<p><u>Υγιείς Άνδρες</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ αιματοκρίτη ▪ ↑ αιμοσφαιρίνης ▪ Αποκατάσταση αιματολογικών αποκρίσεων σε 10' ▪ Μεγαλύτερη διάρκεια άπνοιας 	<p>Οι υγιείς παρουσίασαν σύσπαση του σπλήνα με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια άπνοιας</p>
Schagatay et al., (2005)	10 άνδρες	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 μέγιστες άπνοιες ▪ Διάλειμμα 2' 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ αιματοκρίτη ▪ ↑ αιμοσφαιρίνης ▪ Αποκατάσταση αιματολογικών αποκρίσεων στα 8-9' 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η σύσπαση του σπλήνα συνδέεται άμεσα με τις καρδιαγγειακές αποκρίσεις του Κ.Α. ▪ Γρήγορη ενεργοποίηση / επαναφορά ▪ Αργή- μακροπρόθεσμη εύκολη

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ ↓ ΚΣ (15% μέσος όρος) ▪ ↑ διάρκειας άπνοιας 	εναλλαγή σε συνθήκες κατάδυσης
Schagatay et al., (2007)	7 άνδρες (22-35)	<p><u>2 Συνθήκες Άπνοιας (5 υπο-μέγιστες)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Στον αέρα ▪ Βύθιση προσώπου στο νερό 10⁰C ▪ 2' διάλειμμα στις επαναλήψεις ▪ 20' διάλειμμα στα σετ 	<p><u>Αιματολογικές αποκρίσεις</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ Hct, ↑ Hb ▪ ↑ γαλακτικού <p><u>Καρδιαγγειακές αποκρίσεις</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ↓ ΚΣ ▪ ↓ δερματικής ροής αίματος 	Οι καρδιαγγειακές (και όχι οι αιματολογικές) αποκρίσεις του ΚΑ προκαλούν τη διαφορά στον κορεσμό O ₂ μετά από άπνοια με βύθιση προσώπου σε σχέση με την άπνοια στον αέρα.
<i>Προπόνηση Άπνοιας</i>				
Joulia et al., (2003)	8 τριαθλητές υψηλού επιπέδου	<p>Πρόγραμμα 3 μηνών επαναλαμβανόμενων άπνοιων κατά την προπόνηση σε κυκλοεργόμετρο</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Στατική άπνοια ▪ Δυναμική άπνοια 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Καμία αλλαγή στην απόδοση στο κυκλοεργόμετρο <p><u>Στατική άπνοια</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ > ↓ ΚΣ ▪ < ↓ pH αίματος ▪ > ↑ La ▪ < οξειδωτικό στρες <p><u>Δυναμική Άπνοια</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0 οξειδωτικό στρες 	Η προπόνηση άπνοιας βελτιώνει την ανοχή στην υποξαιμία, τη διάρκεια της στατικής άπνοιας και εξουδετερώνει το οξειδωτικό στρες στη δυναμική άπνοια.
Lemaitre et al., (2009)	Τριαθλητές & ελίτ δύτες	<p>3 μήνες προπόνηση άπνοιας</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Μέγιστη προσπάθεια σε ποδήλατο ▪ Μέγιστη προσπάθεια στην κολύμβηση 50μ ελεύθερο χωρίς ανάσα 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ↑ FEV ▪ ↑ VO₂ peak ▪ Min SaO₂ ▪ Όχι ↑ V_{swim} ▪ ↓ ΣΧ ▪ ↑ ΜΧ ▪ ↑ συντονισμός 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η προπόνηση άπνοιας ↑ τα αποτελέσματα σε μέγιστη & υπομέγιστη άσκηση ▪ Βελτιώνει την τεχνική στην κολύμβηση ▪ ↑ την συνεχή προώθηση

OE: ομάδα ελέγχου, ΠΟ: πειραματική ομάδα, ΑΠ: αρτηριακή πίεση, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, ΜΧ: μήκος χεριάς (κολύμβηση), ΣΧ: συχνότητα χεριάς (κολύμβηση), CO: καρδιακή παροχή, V_{swim}: ταχύτητα (κολύμβηση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΧ

9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

9.1 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και προφίλ Δοκιμαζομένων – Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας Β9.1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και φυσική κατάσταση δοκιμαζομένων όπως καταγράφηκαν στις προκαταρκτικές μετρήσεις πριν από το κύριο πειραματικό πρωτόκολλο

a/a (N)	Δοκ/νος (αρχικά)	Ηλικία (έτη)	VO _{2max} (ml/kg/min)	ΣΒ (Kg)	ΣΥ (m)	BMI (kg/m ²)	ΣΛ (%)	Λίπος (Kg)	Άλυπη μάζα (kg)
1	TA	19	55,20	66,40	1,76	21,44	0,06	4,18	62,22
2	ΔΑ	23	60,30	87,20	1,8	26,91	0,10	8,55	78,65
3	ΘΜ	23	45,50	75,20	1,78	23,73	0,12	8,80	66,40
4	XX	22	41,20	77,80	1,85	22,73	0,12	9,34	68,46
5	ΑΓ	21	39	88	1,8	27,16	0,13	11,35	76,65
6	ΑΓ	22	39,80	95	2,05	22,61	0,06	5,42	89,59
7	ΣΝ	21	55,80	78,50	1,8	24,23	0,05	3,69	74,81
8	ΓΜ	21	48,70	96,50	1,86	27,89	0,09	8,40	88,10
9	ΚΠ	21	46,40	85	1,84	25,11	0,04	3,74	81,26
10	ΣΠ	20	50,10	96,50	1,84	28,50	0,12	11,58	84,92
Μέσος Όρος		21,30	48,20	84,61	1,84	25,03	0,09	7,50	77,11
Τυπική απόκλιση		1,25	7,24	10,07	0,08	2,47	0,03	3,03	9,27
Ελάχιστη τιμή		19	39	66,40	1,76	21,44	0,04	3,69	62,22
Μέγιστη τιμή		23	60,30	96,50	2,05	28,50	0,13	11,58	89,59

a/a: αύξων αριθμός, N: πλήθος τιμών, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, ΣΒ: σωματικό βάρος, ΣΥ: σωματικό ύψος, BMI: δείκτης μάζας σώματος

Πίνακας Β9.2. Αθλητικό προφίλ δοκιμαζομένων όπως καταγράφηκε κατά τις προκαταρκτικές πειραματικές διαδικασίες με σύντομη προφορική συνέντευξη από τον κάθε δοκιμαζόμενο

a/a (N)	Δοκ/νος (αρχικά)	Αγωνιστική εμπειρία	Κολυμβητική εμπειρία	Εβδομάδες Προπόνησης / έτος	Ώρες προπόνησης/ εβδομάδα	Αγώνες / έτος	T K	K T
1	TA	7	8	44	12	25	O O	O O
2	ΔΑ	5	7	49	16	3	O O	O O
3	ΘΜ	2	5	40	10	2	O O	O O
4	XX	7	15	48	10	5	O O	O O
5	ΑΓ	8	14	49	24	10	N O	O O
6	ΑΓ	13	18	43	2	11	O O	O O
7	ΣΝ	17	19	49	20	20	O N	O N
8	ΓΜ	4	10	47	12	1	O N	O N
9	ΚΠ	8	16	37	17	10	O O	O O
10	ΣΠ	7	17	48	20	16	O O	O O
Μέσος Όρος		7,80	12,90	45,40	14,30	10,30		
Τυπική απόκλιση		4,34	5,00	4,25	6,40	8,03		
Ελάχιστη τιμή		2	5	37	2	1		
Μέγιστη τιμή		17	19	49	24	25		

a/a: αύξων αριθμός, N: πλήθος τιμών Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος TK: τεχνική κολύμβηση, KT: καταδύσεις, O: όχι, N: ναι

9.2 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις στην άπνοια –Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας Β9.3. Οι αλλαγές στην ΚΣ των δοκιμαζομένων μετά τις άπνοιες σε απόλυτες τιμές και σε ποσοστά. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία αφορούν τις αλλαγές

α/α (N)	Δοκιμαζόμενος (αρχικά)	Διαφορά Ηρεμίας με ΑΜΗ		Διαφορά πριν και μετά ΑΜΑ		Διαφορά ΑΜΗ με ΑΜΑ	
		brpm	%	brpm	%	brpm	%
1	ΤΑ	(7)	(9)	(21)	(12,10)	14	3,1
2	ΔΑ	(14,50)	(20)	(26)	(19,5)	11,5	(0,50)
3	ΘΜ	(13,50)	(15,70)	(29,50)	(19,40)	16	3,70
4	ΧΧ	(15)	(14,80)	(53)	(31)	38	16,20
5	ΑΓ	(16)	(20,50)	(44)	(29,10)	28	8,6
6	ΑΓ	(39,50)	(35,90)	(16)	(10,60)	(23,50)	(25,30)
7	ΣΝ	(17)	(33)	(31)	(24)	14	(9)
8	ΓΜ	(27,50)	(36,20)	(33)	(21)	5,5	(15,20)
9	ΚΠ	(21,50)	(22,80)	(40)	(27,60)	18,5	4,8
10	ΣΠ	5,50	(8,90)	(13)	(10)	18,5	18,90
Μέσος Όρος		(16,60)	(19,90)	(30,65)	(20,40)	14,05	0,01
Τυπική Απόκλιση		11,86	14	12,53	8	16,00	13,70
Ελάχιστη τιμή		(39,50)	(36,20)	(53)	(31)	(23,50)	(25,30)
Μέγιστη τιμή		5,50	(8,90)	(13)	(10)	38	18,90

α/α: αύξων αριθμός, N: πλήθος τιμών, brpm: κτύποι ανά λεπτό, (): αρνητικό πρόσημο, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.4. Οι αλλαγές στην MAP των δοκιμαζομένων μετά τις άπνοιες σε απόλυτες τιμές και σε ποσοστά. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία αφορούν τις αλλαγές

α/α (N)	Δοκιμαζόμενος (αρχικά)	Διαφορά ηρεμίας και ΑΜΗ		Διαφορά πριν και μετά την ΑΜΑ		Διαφορά Ηρεμίας με ΑΜΑ	
		mmHg	%	mmHg	%	mmHg	%
1	ΤΑ	0,33	3,70	0,00	0,00	0,33	3,70
2	ΔΑ	0,33	3,00	1,67	16,10	2,00	20,00
3	ΘΜ	0,33	3,40	(0,67)	(6,70)	(0,33)	(3,40)
4	ΧΧ	1,67	19,20	0,33	3,20	2,00	23,10
5	ΑΓ	0,33	3,40	1,33	13,30	1,67	17,20
6	ΑΓ	(0,33)	(3,30)	2,67	27,60	2,33	23,30
7	ΣΝ	(0,50)	(5,70)	3,00	36	2,50	28,30
8	ΓΜ	0,33	3,40	0,67	6,70	1,00	10,30
9	ΚΠ	0,83	9,10	0,33	3,30	1,17	12,70
10	ΣΠ	1,00	11,50	0,67	6,90	1,67	19,20
Μέσος Όρος		0,43	5	1,00	11,00	1,43	15
Τυπική Απόκλιση		0,63	0,07	1,17	0,13	0,90	0,10
Ελάχιστη τιμή		0,50	(5,70)	(0,67)	(6,70)	(0,33)	(3,40)
Μέγιστη τιμή		1,67	19,20	3,00	36	2,50	28,30

α/α: αύξων αριθμός, N: πλήθος τιμών, MAP: μέση αρτηριακή πίεση, (): αρνητικό πρόσημο ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

9.3 Αναπνευστικές αποκρίσεις στην άπνοια –Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας Β9.5. Οι αλλαγές στο ρυθμό της αναπνοής (RR -αριθμός αναπνοών ανά λεπτό) στην ηρεμία και μετά τις άπνοιες σε απόλυτες τιμές και σε ποσοστά. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία αφορούν τα δεδομένα όπως αμαφώνονται σε κάθε αντίστοιχη στήλη

a/a	Δοκ/νος (αρχικά)	H	AMH	H- AMH (Δ)	H- AMH (%Δ)	AMA	AMH- AMA (Δ)	AMH- AMA (%Δ)	H- AMA (Δ)	H - AMA (%Δ)
1	TA	10	14	4	40	20	6	43	10	100
2	ΔA	9	17	8	89	26	9	53	17	189
3	ΘM	16	21	5	31	33	12	57	17	106
4	XX	13	5	1	25	21	16	320	17	425
5	AΓ	15	-	-	-	-	-	-	-	-
6	AΓ	11	20	9	82	-	-	-	-	-
7	ΣN	7	11	4	57	19	8	73	12	171
8	ΓM	9	11	2	22	33	22	200	24	267
9	KΠ	8	-	-	-	-	-	-	-	-
10	ΣΠ	17	22	5	29	-	-	-	-	-
	N	10	8	8	8	6	6	6	6	6
	MO	10,60	15,13	4,75	47	25,33	12,17	124,30	16,17	210
	TA	4,19	5,94	2,71	26	6,41	5,95	112	4,88	121,80
	ET	4	5	1	22	19	6	43	10	100
	MT	17	22	9	89	33	22	320	24	425

a/a: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, N: πλήθος τιμών, MO: μέσος όρος, TA: τυπική απόκλιση, ET: ελάχιστη τιμή, MT: μέγιστη τιμή - : απουσία δεδομένων,() : αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, Δ: αλλαγή, %: ποσοστό, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.6. Οι αλλαγές στον πνευμονικό αερισμό - VE BTPS (L) πριν και μετά τις άπνοιες σε απόλυτες τιμές και σε ποσοστά. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία αφορούν τα δεδομένα σε κάθε αντίστοιχη στήλη

a/a	Δοκ/νος (αρχικά)	H	AMH	H-AMH (Δ)	H-AMH (Δ%)	AMA	AMH- AMA (Δ)	AMH- AMA (Δ%)	H- AMA	H-AMA (Δ%)
1	TA	35	21	(14)	(40)	39	18	86	4	(31)
2	ΔA	22	26	4	18	43	17	65	21	(1)
3	ΘM	18	21	3	17	54	33	157	36	18
4	XX	32	29	(3)	(9)	56	27	93	24	(8)
5	AΓ	35	28	(7)	(20)	49	21	75	14	(21)
6	AΓ	17	29	12	71	57	28	97	40	23
7	ΣN	19	26	7	37	46	20	77	27	8
8	ΓM	13	26	13	100	87	61	235	74	61
9	KΠ	26	28	2	8	48	20	71	22	(4)
10	ΣΠ	37	35	(2)	(5)	61	26	74	24	(13)
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	MO	25,40	26,90	1,50	17,50	54	27,10	103	28,60	32
	TA	8,78	4,07	8,34	0,42	13,43	12,95	53	18,89	26,22
	Ελάχιστη τιμή	13	21	(14)	(40)	39	20	65	4	(31)
	Μέγιστη τιμή	37	35	13	100	87	61	235	74	61

a/a: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, N= πλήθος τιμών , MO: μέσος όρος, TA: τυπική απόκλιση, - : απουσία δεδομένων,() : αρνητικό πρόσημο H: ηρεμία, Δ: αλλαγή, %: ποσοστό, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.7. Οι αλλαγές στο αναπνευστικό Πηλίκο (RER) πριν και μετά τις άπνοιες και σε σχέση με τη μέγιστη τιμή στη VO₂max

a/a	Δοκ/νος (αρχικά)	RER H	RER AMH	RER AMA	RER H- AMH (Δ%)	RER AMH- AMA (Δ%)	RER H- AMA (Δ%)	RER VO ₂ max	RER VO ₂ max -AMH (Δ%)	RER VO ₂ max -AMA (Δ%)
1	TA	1,37	1,28	1,16	(7)	(9)	(15)	1,13	(12)	(3)
2	ΔA	0,85	0,94	1,03	12	9	22	1,03	9	0,03
3	ΘM	0,81	1,11	1,25	37	13	55	1,24	12	(1)
4	XX	0,60	1,04	1,30	74	24	116	1,23	18	(5)
5	AΓ	1,38	1,09	1,07	(21)	(2)	(22)	1,14	4	6
6	AΓ	0,65	1,01	1,27	55	26	95	1,23	22	(4)
7	ΣN	0,76	1,05	1,22	38	16	61	1,05	(0,20)	(14)
8	ΓM	0,89	1,06	1,43	19	35	61	1,24	17	(13)
9	KΠ	0,97	1,05	1,20	8	14	24	1,05	(0,20)	(13)
10	ΣΠ	1,14	1,03	1,17	(9)	14	3	1,16	13	(0,90)
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Μέσος όρος	0,94	1,07	1,21	21	14	40	1,15	8	(5)
	Τυπική Απόκλιση	0,27	0,09	0,11	30	13	46	0,08	10	7
	Ελάχιστη τιμή	0,60	0,94	1,03	(21)	(9)	(22)	1,03	(12)	(14)
	Μέγιστη τιμή	1,38	1,28	1,43	74	35	116	1,24	22	6

a/a: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, Δ: αλλαγή, %: ποσοστό, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.8. Οι αλλαγές στον αναπνεόμενο όγκο (Vt) πριν και μετά τις άπνοιες και σε σχέση με τη μέγιστη τιμή στη VO₂max

a/a	Δοκ/νος (αρχικά)	Vt H	Vt AMH	Vt AMA	H- AMH (Δ%)	AMH- AMA (Δ%)	H- AMA (Δ%)	Vt VO ₂ max	Vt VO ₂ max -AMH (Δ%)	Vt VO ₂ max - AMA (Δ%)
1	TA	3659	908	2336	(75)	157	(36)	6432	608,40	175,30
2	ΔA	2863	1771	1823	(38)	3	(36)	6471	265,40	255
3	ΘM	1563	1024	1990	(34)	94	27	-	-	-
4	XX	6507	6529	2353	0,00	(64)	(64)	-	-	-
5	AΓ	2333	-	-	-	-	-	6465	-	-
6	AΓ	1455	1823	-	25	-	-	-	-	-
7	ΣN	2962	2785	2815	(6)	1	(5)	-	-	-
8	ΓM	1532	3077	2765	101	(10)	80	-	-	-
9	KΠ	3653	-	-	-	-	-	3599	-	-
10	ΣΠ	2181	1729	-	(21)	-	-	6464	273,90	-
	N	10	8	6	8	6	6	5	3	2
	Μέσος όρος	2874	2456	2347	(6)	30	(6)	5886	382,50	215,20
	Τυπική Απόκλιση	1518	1810	399	52	80	52	1279	195,60	56,30
	Ελάχιστη τιμή	1455	908	1823	(75)	(64)	(64)	3599	265,40	175,30
	Μέγιστη τιμή	6507	6529	2815	101	157	80	6471	608,40	255

a/a: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ: αλλαγή, %: ποσοστό, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, AMH: άπνοια μετά από ηρεμία, AMA: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.9. Αλλαγές στην κατανάλωση Οξυγόνου (VO_2 - ml/min) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H (ml/min)	ΑΜΗ (ml/min)	H-ΑΜΗ (Δ%)	ΑΜΑ (ml/min)	ΑΜΗ - ΑΜΑ (Δ%)	H-ΑΜΑ (Δ%)
1	ΤΑ	605	333	(45)	1310	74,6	116,50
2	ΔΑ	454	712	56,80	1218	41,5	168,30
3	ΘΜ	279	466	67	1172	60,2	320,10
4	ΧΧ	381	457	19,90	924	50,5	142,50
5	ΑΓ	426	596	39,90	1221	51,2	186,60
6	ΑΓ	274	728	165,70	1333	45,4	386,50
7	ΣΝ	366	654	78,70	1128	42	208,20
8	ΓΜ	176	489	177,80	1457	66,4	727,80
9	ΚΠ	445	736	65,40	1314	44	195,30
10	ΣΠ	350	812	132	1505	46	330
Μέσος όρος		375,60	598,30	75,80	1258,20	52,20	278,20
Τυπική Απόκλιση		118,51	155,38	67,70	166,97	11,3	181,10
Ελάχιστη τιμή		176	333	(45)	924	41,5	116,50
Μέγιστη τιμή		605	812	177,80	1505	74,6	727,80

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής,(): αρνητικό πρόσημο, Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.10. Οι αλλαγές στην κατανάλωση διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2 - ml/min) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α (N)	Δοκ/νος (αρχικά)	H (ml/min)	ΑΜΗ (ml/min)	H-ΑΜΗ (Δ%)	ΑΜΑ (ml/min)	ΑΜΗ- ΑΜΑ (Δ%)	H-ΑΜΑ (Δ%)
1	ΤΑ	828	454	(82,40)	1550	241,40	87,20
2	ΔΑ	386	662	41,70	1230	(81,90)	(68,90)
3	ΘΜ	234	499	53,10	1419	184,40	506,40
4	ΧΧ	229	472	51,50	1190	152,10	419,70
5	ΑΓ	590	607	2,80	1316	116,80	123,10
6	ΑΓ	182	738	75,30	1693	129,40	830,20
7	ΣΝ	298	696	57,2	1392	100	367,10
8	ΓΜ	160	518	69,10	2094	304,20	1208,80
9	ΚΠ	460	755	39,10	1584	109,80	244,30
10	ΣΠ	410	816	49,80	1739	113,10	324,10
Μέσος όρος		377,70	621,70	35,70	1409,70	136,90	404,20
Τυπική Απόκλιση		208,31	130,28	46	519,38	101,30	376,60
Ελάχιστη τιμή		160	454	(82,40)	1230	(81,90)	(68,90)
Μέγιστη τιμή		828	816	75,30	2094	304,20	1208,80

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, N: αριθμός δείγματος, Δ%: ποσοστό αλλαγής,(): αρνητικό πρόσημο, Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.11. Οι αλλαγές στη μερική πίεση Οξυγόνου (P_{O_2} -mmHg) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H (mmHg)	ΑΜΗ (mmHg)	H-ΑΜΗ (Δ%)	ΑΜΑ (mmHg)	ΑΜΗ - ΑΜΑ (Δ%)	H-ΑΜΑ (Δ%)
1	ΤΑ	-	20	-	22	10	-
2	ΔΑ	36	26	(27,80)	24	(7,70)	(33,30)
3	ΘΜ	30	27	(10)	23	(14,80)	(23,30)
4	ΧΧ	-	20	-	18	(10)	-
5	ΑΓ	8	16	100	15	(6,30)	87,50
6	ΑΓ	18	27	50	21	(22,20)	16,70
7	ΣΝ	26	39	50	50	(28,20)	92,30
8	ΓΜ	-	25	-	16	(36)	-
9	ΚΠ	33	41	24,20	38	(7,30)	15,20
10	ΣΠ	17	31	82,40	28	(9,70)	64,70
	N	7	10	7	10	10	7
	Μέσος όρος	24	27,20	38	25,50	(8)	31
	Τυπική Απόκλιση	10,05	8,03	46	10,86	17,2	51
	Ελάχιστη τιμή	8	16	(27,80)	15	(28,20)	(33,30)
	Μέγιστη τιμή	36	41	100	50	10	92,30

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, - :απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.12. Οι αλλαγές στη μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα (P_{CO_2} -mmHg) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H (mmHg)	ΑΜΗ (mmHg)	H-ΑΜΗ (Δ%)	ΑΜΑ (mmHg)	ΑΜΗ - ΑΜΑ (Δ%)	H-ΑΜΑ (Δ%)
1	ΤΑ	-	59,50	-	60,90	2,40	-
2	ΔΑ	47,10	50,20	6,60	54,90	9,40	2,50
3	ΘΜ	51,50	50,60	(1,70)	50,60	0	1,90
4	ΧΧ	-	56,20	-	61	8,50	-
5	ΑΓ	58,50	53,20	(9,10)	54,90	3,20	1,60
6	ΑΓ	59,70	57,50	(3,70)	60,50	5,20	1,70
7	ΣΝ	46,40	43,50	(6,30)	42,90	(1,40)	2
8	ΓΜ	-	47,50	-	54	13,70	-
9	ΚΠ	48,40	48,80	1	51,80	6,10	2,20
10	ΣΠ	51	48,80	(4,30)	48,50	(1)	1,90
	N	7	10	7	10	10	7
	Μέσος όρος	51,80	51,58	(3)	54	5	2
	Τυπική Απόκλιση	5,34	4,97	5	5,87	5	0,30
	Ελάχιστη τιμή	46,40	43,50	(9,10)	42,90	(1,40)	1,60
	Μέγιστη τιμή	59,70	57,50	6,60	61	13,70	2,50

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, - :απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.13. Οι αλλαγές στο ποσοστό κορεσμού Οξυγόνου (%SO₂) στο φλεβικό αίμα πριν και μετά τις άπνοιες

α/α (N)	Δοκ/νος (αρχικά)	H SO ₂ (%)	ΑΜΗ SO ₂ (%)	H – ΑΜΗ ΔSO ₂ (%)	ΑΜΑ SO ₂ (%)	ΑΜΗ-ΑΜΑ ΔSO ₂ (%)	H-ΑΜΑ ΔSO ₂ (%)
1	ΤΑ	-	28	-	29	3,6	-
2	ΔΑ	67	45	(32,80)	38	(15,60)	(43,30)
3	ΘΜ	52	45,00	(13,50)	30	(33,30)	(42,30)
4	ΧΧ	-	28	-	20	(28,60)	-
5	ΑΓ	16	19	18,80	16	(15,80)	0
6	ΑΓ	22	45	104,50	26	(42,20)	18,20
7	ΣΝ	45	72	60	81	12,50	80
8	ΓΜ	-	43	-	17	(60,50)	-
9	ΚΠ	61	73	19,70	66	(9,60)	8,20
10	ΣΠ	23	55	139,10	46	(16,40)	100
	N	7	10	7	10	10	7
	Μέσος όρος	40,86	45,30	42	36,90	(21)	17
	Τυπική απόκλιση	20,51	17,86	62,40	21,66	21,50	55,30
	Ελάχιστη τιμή	16	19	(32,80)	16	(60,50)	(43,30)
	Μέγιστη τιμή	67	73	139,10	81	12,50	100

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, N: πλήθος τιμών, Δ: αλλαγή, %: ποσοστό, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

9.4 Μεταβολικές αποκρίσεις στην άπνοια – Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας Β9.14. Οι αλλαγές στο γαλακτικό φλεβικού αίματος (La^+ - mmol/L) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H (mmol/L)	ΑΜΗ (mmol/L)	H-ΑΜΗ (Δ%)	ΑΜΑ (mmol/L)	ΑΜΗ – ΑΜΑ (Δ%)	H-ΑΜΑ (Δ%)
1	ΤΑ	-	1,49	-	3,39	227,50	-
2	ΔΑ	0,61	0,64	5	2,32	362,50	385,20
3	ΘΜ	0,66	1,04	57,60	7,56	726,90	1203
4	ΧΧ	-	0,91	-	3,13	344	-
5	ΑΓ	1,11	1,23	10,80	3,48	282,90	324,30
6	ΑΓ	0,52	0,75	44,23	3,05	406,70	630,80
7	ΣΝ	1,73	1,91	10,40	4,07	213,10	245,70
8	ΓΜ	-	0,39	-	4,41	1130,80	-
9	ΚΠ	1,61	1,80	11,80	2,01	111,70	136,60
10	ΣΠ	0,43	-	-	-	-	776,70
N		7	9	6	9	9	7
Μέσος όρος		0,95	1,13	23	3,71	422,90	528,90
Τυπική Απόκλιση		0,54	0,52	22	1,63	317	370,30
Ελάχιστη τιμή		0,43	0,39	5	2,01	111,70	136,60
Μέγιστη τιμή		1,73	1,91	57,6	7,56	1130,80	1203

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.15. Οι αλλαγές στο pH φλεβικού αίματος πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H (ml/min)	ΑΜΗ (ml/min)	H-ΑΜΗ (Δ%)	ΑΜΑ (ml/min)	ΑΜΗ - ΑΜΑ (Δ%)	H-ΑΜΑ (Δ%)
1	ΤΑ	-	7,34	-	7,28	(0,75)	-
2	ΔΑ	7,39	7,39	(0,10)	7,33	(0,73)	(0,80)
3	ΘΜ	7,36	7,35	(0,10)	7,24	(1,50)	(1,60)
4	ΧΧ	-	7,36	-	7,27	(1,20)	-
5	ΑΓ	7,31	7,34	0,40	7,28	(0,80)	(0,40)
6	ΑΓ	7,33	7,33	0	7,27	(0,87)	(0,90)
7	ΣΝ	7,37	7,38	0,10	7,30	(0,10)	(0,90)
8	ΓΜ	-	7,37	-	7,27	(0,14)	-
9	ΚΠ	7,37	7,36	(0,10)	7,30	(0,76)	(0,90)
10	ΣΠ	7,36	7,37	0,10	7,31	(0,69)	(0,60)
N		7	10	7	10	10	7
Μέσος όρος		7,35	7,36	0	7,29	(1)	(0,90)
Τυπική Απόκλιση		0,03	0,02	0,20	0,03	0,30	0,40
Ελάχιστη τιμή		7,31	7,33	0,10	7,24	(1,50)	(1,60)
Μέγιστη τιμή		7,39	7,39	0,40	7,33	(0,69)	(0,40)

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.16. Οι αλλαγές στο BE (base excess/deficit) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H	ΑΜΗ	H -ΑΜΗ Δ%	ΑΜΑ	ΑΜΗ - ΑΜΑ Δ%	H- ΑΜΑ Δ%
1	ΤΑ	-	6	-	2	(66,70)	-
2	ΔΑ	4	5	25	3	(40)	(25)
3	ΘΜ	4	2	(50)	(6)	(400)	(250)
4	ΧΧ	-	6	-	1	(83,33)	-
5	ΑΓ	3	3	0	(1)	(133,33)	(133,33)
6	ΑΓ	5	4	(20)	0	(100)	(100)
7	ΣΝ	1	0	(100)	(5)	(600)	(600)
8	ΓΜ	-	2	-	(2)	(200)	-
9	ΚΠ	2	2	0	(1)	(150)	(150)
10	ΣΠ	3	3	0	(2)	(166,67)	(166,70)
Πλήθος τιμών (N)		7	10	7	10	10	7
Μέσος όρος		3,14	3,30	(21)	(1,10)	(194)	(204)
Τυπική Απόκλιση		1,35	1,95	42	2,85	175	188
Ελάχιστη τιμή		1	0	(100)	-6	(600)	(600)
Μέγιστη τιμή		5	6	25	3	(40)	(25)

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.17. Οι αλλαγές στο συνολικό διοξείδιο του άνθρακα στο φλεβικό αίμα (T_{CO_2}) πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	H	ΑΜΗ	H- ΑΜΗ Δ%	ΑΜΑ	ΑΜΗ- ΑΜΑ Δ%	H-ΑΜΑ Δ%
1	ΤΑ	-	34	-	31	(9)	-
2	ΔΑ	30	32	6,70	31	(3)	3,30
3	ΘΜ	31	29	(6,50)	23	(21)	(25,80)
4	ΧΧ	-	34	-	30	(12)	-
5	ΑΓ	31	30	(3,20)	27	(10)	(12,90)
6	ΑΓ	33	32	(3)	29	(9)	(12,10)
7	ΣΝ	28	27	(3,60)	22	(19)	(21,40)
8	ΓΜ	-	29	-	26	(10)	-
9	ΚΠ	29	29	0	27	(7)	(6,90)
10	ΣΠ	30	29	(3,30)	26	(10)	(13,30)
Μέσος όρος		30,29	30,50	(2)	27,20	(11)	(13)
N		7	10	7	10	10	7
Τυπική Απόκλιση		1,60	2,37	4,20	3,12	5	10
Ελάχιστη τιμή		28	27	(6,50)	22	(21)	(25,80)
Μέγιστη τιμή		33	34	6,7	31	(3)	3,30

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, H: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

Πίνακας Β9.18. Οι αλλαγές στα διττανθρακικά (HCO_3^-) στο φλεβικό αίμα πριν και μετά τις άπνοιες

α/α	Δοκ/νος (αρχικά)	Η	ΑΜΗ	Η - ΑΜΗ Δ%	ΑΜΑ	ΑΜΗ-ΑΜΑ Δ%	Η-ΑΜΑ Δ%
1	ΤΑ	-	31,90	-	28,80	(10)	-
2	ΔΑ	28,50	30,10	5,60	29,10	(3)	2,10
3	ΘΜ	29	27,90	(3,80)	21,60	(23)	(25,50)
4	ΧΧ	-	31,90	-	28,10	(12)	-
5	ΑΓ	29,40	28,50	(3,10)	25,70	(10)	(12,60)
6	ΑΓ	31,30	30,30	(3,20)	27,40	(10)	(12,50)
7	ΣΝ	26,70	25,50	(4,50)	21,20	(17)	(20,60)
8	ΓΜ	-	27,50	-	24,60	(11)	-
9	ΚΠ	27,80	27,50	(1,10)	25,70	(7)	(7,60)
10	ΣΠ	28,60	27,90	(2,40)	24,70	(11)	(13,60)
Μέσος όρος		28,76	28,90	(2)	25,69	(11)	(13)
N		7	10	7	10	10	7
Τυπική Απόκλιση		1,43	2,08	3,40	2,77	5,3	9
Ελάχιστη τιμή		26,70	25,50	(4,50)	21,20	(23)	(25,50)
Μέγιστη τιμή		31,30	31,90	5,60	29,10	(3)	2,10

α/α: αύξων αριθμός, Δοκ/νος: δοκιμαζόμενος, Δ%: ποσοστό αλλαγής, N: πλήθος τιμών, -:απουσία δεδομένων,(): αρνητικό πρόσημο, Η: ηρεμία, ΑΜΗ: άπνοια μετά από ηρεμία, ΑΜΑ: άπνοια μετά από άσκηση

9.5 Καρδιαγγειακές παράμετροι – Επαγωγικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας Β9.19. ANOVA Συγκρίσεις Καρδιακής Συχνότητας ανά Ζεύγη σε πέντε χρονικές στιγμές της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική Στιγμή (I)	Χρονική Στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	16,60*	3,75	0,02	2,77	30,43
	3	-68,25*	4,84	0,00	-86,12	-50,38
	4	-37,60*	6,02	0,00	-59,79	-15,41
	5	-9,25	6,78	1,00	-34,28	15,78
2	1	-16,60*	3,75	0,02	-30,43	-2,77
	3	-84,85*	4,41	0,00	-101,13	-68,58
	4	-54,20*	5,29	0,00	-73,72	-34,68
	5	-25,85*	5,78	0,02	-47,17	-4,53
3	1	68,25*	4,84	0,00	50,38	86,12
	2	84,85*	4,41	0,00	68,58	101,13
	4	30,65*	3,96	0,00	16,03	45,27
	5	59,00*	4,04	0,00	44,10	73,90
4	1	37,60*	6,02	0,00	15,41	59,79
	2	54,20*	5,29	0,00	34,68	73,72
	3	-30,65*	3,96	0,00	-45,27	-16,03
	5	28,35*	4,58	0,00	11,47	45,23
5	1	9,25	6,78	1,00	-15,78	34,28
	2	25,85*	5,78	0,02	4,53	47,17
	3	-59,00*	4,04	0,00	-73,90	-44,10
	4	-28,35*	4,58	0,00	-45,23	-11,47

1: ηρεμία, 2: AMH, 3: πριν από AMH, 4: AMH, 5: αποκατάσταση

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni.

Πίνακας Β9.20. ANOVA Συγκρίσεις Συστολικής Πίεσης ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-14,00*	1,45	0,00	-18,26	-9,74
	3	-55,00*	5,38	0,00	-70,77	-39,23
2	1	14,00*	1,45	0,00	9,74	18,26
	3	-41,00*	6,05	0,00	-58,74	-23,27
3	1	55,00*	5,38	0,00	39,23	70,77
	2	41,00*	6,05	0,00	23,27	58,74

1: ηρεμία, 2: μετά την AMH, 3: μετά την AMA

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni.

Πίνακας Β9.21. ANOVA Συγκρίσεις Μέσης Αρτηριακής Πίεσης ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-4,33	1,98	0,17	-10,12	1,46
	3	-14,33*	2,85	0,00	-22,68	-5,98
2	1	4,33	1,98	0,17	-1,46	10,12
	3	-9,99	3,69	0,07	-20,83	0,81
3	1	14,33*	2,85	0,00	5,98	22,68
	2	9,99	3,67	0,07	-0,81	20,81

1: ηρεμία, 2: μετά την ΑΜΗ, 3: μετά την ΑΜΑ

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

9.6 Αναπνευστικές παράμετροι – Επαγωγικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας Β9.22. ANOVA Συγκρίσεις Ρυθμού Αναπνοής (RR) ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-2,50	2,25	0,95	-10,44	5,44
	3	-14,67*	2,39	0,01	-23,11	-6,22
2	1	2,50	2,25	0,95	-5,44	10,44
	3	-12,17*	2,43	0,01	-20,75	-3,59
3	1	14,67*	2,39	0,01	6,22	23,11
	2	12,17*	2,43	0,01	3,59	20,75

1: ηρεμία, 2: μετά την ΑΜΗ, 3: μετά την ΑΜΑ

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας Β9.23. ANOVA Συγκρίσεις Πνευμονικού Αερισμού (VE) ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-1,50	2,64	1,00	-9,24	6,24
	3	-28,60*	5,97	0,00	-46,12	-11,08
2	1	1,50	2,64	1,00	-6,24	9,24
	3	-27,10*	4,10	0,00	-39,11	-15,09
3	1	28,60*	5,97	0,00	11,08	46,12
	2	27,10*	4,10	0,00	15,09	39,11

1: ηρεμία, 2: μετά την ΑΜΗ, 3: μετά την ΑΜΑ

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας Β9.24. ANOVA Συγκρίσεις Κατανάλωσης Οξυγόνου (VO_2) ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-222,70*	66,62	0,03	-418,11	-27,29
	3	-882,60*	70,51	0,00	-1089,44	-675,76
2	1	222,70*	66,62	0,03	27,29	418,11
	3	-659,90*	58,22	0,00	-830,69	-489,11
3	1	882,60*	70,51	0,00	675,76	1089,44
	2	659,90*	58,22	0,00	489,11	830,69

1: ηρεμία, 2: μετά την AMH, 3: μετά την AMA

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας Β9.25. ANOVA Συγκρίσεις Παραγωγής Διοξειδίου του Άνθρακα (VCO_2) ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-244,00*	81,50	0,05	-483,07	-4,93
	3	-1032,00*	183,99	0,00	-1571,69	-492,31
2	1	244,00*	81,50	0,05	4,93	483,07
	3	-788,00*	168,97	0,01	-1283,64	-292,36
3	1	1032,00*	183,99	0,00	492,31	1571,69
	2	788,00*	168,97	0,00	292,36	1283,64

1: ηρεμία, 2: μετά την AMH, 3: μετά την AMA

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

9.7 Μεταβολικές παράμετροι – Επαγωγικά στατιστικά στοιχεία

Πίνακας B9.26. ANOVA Συγκρίσεις Γαλακτικού Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-0,19*	0,05	0,03	-,34	-1,973E-02
	3	-3,94*	0,86	0,02	-6,98	-0,90
2	1	0,19*	0,05	0,03	1,973E-02	0,36
	3	-3,75*	0,82	0,02	-6,65	-0,84
3	1	3,94*	0,86	0,02	0,90	6,98
	2	3,75*	0,82	0,02	0,84	6,65

1: ηρεμία, 2: μετά την ΑΜΗ, 3: μετά την ΑΜΑ

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας B9.27. ANOVA Συγκρίσεις pH Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	-3,286E-03	0,01	1,00	-1,919E-02	1,262E-02
	3	6,400E-02*	0,01	0,00	2,874E-02	9,926E-02
2	1	3,286E-03	0,01	1,00	-1,262E-02	1,919E-02
	3	6,729E-02*	0,01	0,00	4,089E-02	9,368E-02
3	1	-6,400E-02*	0,01	0,00	-9,926E-02	-2,874E-02
	2	-6,729E-02*	0,01	0,00	-9,368E-02	-4,089E-02

1: ηρεμία, 2: μετά την ΑΜΗ, 3: μετά την ΑΜΑ

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας Β9.28. ANOVA Συγκρίσεις BE Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	0,43	0,37	0,87	-0,78	1,64
	3	4,86*	1,06	0,01	1,39	8,33
2	1	-0,43	0,37	0,87	-1,64	0,78
	3	4,43*	0,72	0,00	2,07	6,79
3	1	-4,86*	1,06	0,01	-8,33	-1,39
	2	-4,43*	0,72	0,00	-6,79	-2,07

I: ηρεμία, 2: μετά την AMH, 3: μετά την AMA

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας Β9.29. ANOVA Συγκρίσεις TCO₂ Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	0,57	0,48	0,84	-1,01	2,15
	3	3,86*	1,08	0,04	0,31	7,40
2	1	-0,57	0,48	0,84	-2,15	1,01
	3	3,29*	0,64	0,01	1,17	5,40
3	1	-3,86*	1,08	0,04	-7,40	-0,31
	2	-3,29*	0,64	0,01	-5,40	-1,17

I: ηρεμία, 2: μετά την AMH, 3: μετά την AMA

* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$.

a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

Πίνακας Β9.30. ANOVA Συγκρίσεις HCO₃ Αίματος ανά Ζεύγη στις τρεις φάσεις της πειραματικής διαδικασίας

Συγκρίσεις ανά ζεύγη		Διαφορά στις μέσες τιμές (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας (p)	95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης για τη διαφορά (a)	
Χρονική στιγμή (I)	Χρονική στιγμή (J)				Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
1	2	0,51	0,37	0,64	-0,70	1,73
	3	3,70*	0,95	0,02	0,57	6,83
2	1	-0,51	0,37	0,64	-1,73	0,70
	3	3,19*	0,65	0,01	1,04	5,33
3	1	-3,70*	0,95	0,02	-6,83	-0,57
	2	-3,19*	0,65	0,01	-5,33	-1,04

I: ηρεμία, 2: μετά την AMH, 3: μετά την AMA,* Η διαφορά στις μέσες τιμές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < 0,05$. a Διόρθωση για πολλαπλές συγκρίσεις: Bonferroni

9.8 Συσχετίσεις Μεταβλητών

Πίνακας Β9.31. Συσχετίσεις Μεταβολικών και Αναπνευστικών Μεταβλητών

		La AMH	pH AMH	La AMA	pH AMA	P _{CO2} AMH	P _{O2} AMH	SO ₂ AMH	P _{CO2} AMA	P _{O2} AMA	SO ₂ AMA
La AMH	Pearson	1,00	-0,09	0,20	0,26	-0,21	0,53	0,47	-0,48	0,76	0,75
	Sig. (2-tailed)	,	0,83	0,61	0,51	0,58	0,14	0,21	0,20	0,02**	0,02**
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
pH AMH	Pearson	-0,09	1,00	-0,16	0,58	-0,73	0,42	0,47	-0,53	0,40	0,44
	Sig. (2-tailed)	0,83	,	0,66	0,08	0,02**	0,23	0,17	0,12	0,25	0,21
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
La AMA	Pearson	0,20	-0,16	1,00	-0,67	-0,20	0,03	0,03	-0,37	0,12	0,03
	Sig. (2-tailed)	0,61	0,66	,	0,04*	0,59	0,93	0,93	0,29	0,75	0,93
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
pH AMA	Pearson	0,26	0,58	-0,67	1,00	-0,33	0,37	0,39	-0,29	0,44	0,53
	Sig. (2-tailed)	0,51	0,08	0,04	,	0,35	0,29	0,27	0,42	0,20	0,11
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P_{CO2} AMH	Pearson	-0,21	-0,73	-0,20	-0,33	1,00	-0,68	-0,72	0,92	-0,62	-0,64
	Sig. (2-tailed)	0,58	0,02	0,59	0,35	,	0,03	0,02**	0,00**	0,05*	0,05*
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P_{O2} AMH	Pearson	0,53	0,42	0,03	0,37	-0,68	1,00	0,99	-0,69	0,88	0,91
	Sig. (2-tailed)	0,14	0,23	0,93	0,29	,03	,	0,00**	0,03*	0,00**	0,00**
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
SO₂ AMH	Pearson	0,47	0,47	0,03	0,39	-0,72	0,99	1,00	-0,72	0,87	0,89
	Sig. (2-tailed)	0,21	0,17	0,93	0,27	0,02	0,00	,	0,02*	0,00**	0,00**
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P_{CO2} AMA	Pearson	-0,48	-0,53	-0,37	-0,29	0,92	-0,69	-0,72	1,00	-0,74	-0,74
	Sig. (2-tailed)	0,20	0,12	0,29	0,42	0,00	0,03	0,02	,	0,02*	0,02*
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PO2 AMA	Pearson	0,76	0,40	0,12	0,44	-0,62	0,88	0,87	-0,74	1,00	0,99
	Sig. (2-tailed)	0,02	0,25	0,75	0,20	0,05	0,00	0,00	0,02	,	0,00**
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
SO₂ AMA	Pearson	0,75	0,44	0,03	0,53	-0,64	0,91	0,89	-0,74	0,99	1,00
	Sig. (2-tailed)	0,02	0,21	0,93	0,11	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	,
	N	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10

*στατιστικά σημαντική συσχέτιση $p < 0,05$ level (2-tailed), ** στατιστικά σημαντική συσχέτιση $p < 0,01$ level (2-tailed)

