

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΙΤΛΟΣ

Η επίδραση της προπόνησης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής στους καρδιακούς δείκτες  
και την αθλητική απόδοση  
του

Σταύρου Βασίλειου

Επιβλέπων Καθηγητής

Ροντογιάννης Γεώργιος

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Έτος ολοκλήρωσης της διατριβής 2013

© 2012

Σταύρου Βασίλειος

All Rights Reserved

*στην κόρη μου Γεωργία*

## **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την οικονομική υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Τον κο Τουμπέκη Αργύρη για την ουσιαστική του καθοδήγηση και υποστήριξη από την αρχή αυτής της προσπάθειας καθώς και τους καρδιολόγους, Κρητικό Αλέξανδρο και Μίχο Παναγιώτη για την συμβολή τους στον υπερηχοκαρδιογραφικό έλεγχο των συμμετεχόντων και την ερμηνεία των ευρημάτων.

## Η επίδραση της προπόνησης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής στους καρδιακούς δείκτες και την αθλητική απόδοση

### Περίληψη

Η περιορισμένη συχνότητα αναπνοής (ΠΣΑ) χρησιμοποιείται από τους αθλητές της τεχνικής κολύμβησης (TK) στη διάρκεια της προπόνησης και είναι πιθανό να επηρεάζει την καρδιακή λειτουργία και να ενεργοποιεί μεταβολικές προσαρμογές που επιδρούν στην απόδοση. Σκοπός της μελέτης είναι να εξεταστεί η επίδραση 16 εβδομάδων προπόνησης με ΠΣΑ σε καρδιαγγειακούς δείκτες και στην απόδοση σε 28 αθλητές TK χωρισμένους σε δυο ισοδύναμες ομάδες. Οι συμμετέχοντες ακολούθησαν το ίδιο καθημερινό πρόγραμμα προπόνησης με αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής (ΑΣΑ n=14) ή με ΠΣΑ (n=14) στο 40% της απόστασης σε κάθε προπόνηση και ένταση που αντιστοιχεί στο 70% της καλύτερης επίδοσης. Καρδιακές παράμετροι που σχετίζονται με τη μορφολογία της καρδιάς και η αρτηριακή πίεση κατεγράφησαν στην ηρεμία πριν και μετά από την περίοδο παρέμβασης. Επιπλέον, κατεγράφη ο κορεσμός οξυγόνου ( $SpO_2$ ), και η καρδιακή συχνότητα (HR) πριν και μετά από μια προσπάθεια 50 m άπνοης κολύμβησης. Η επίδοση στα 50 m άπνοης κολύμβησης και 400 m κολύμβησης με μονοπέδιλο χρησιμοποιήθηκαν σαν κριτήρια απόδοσης. Το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή (IVSs) και στη διαστολή (IVSd) εμφάνισε αύξηση στην ΑΣΑ ( $5\pm 8$  και  $9\pm 15\%$ ) και μείωση στην ΠΣΑ ( $7\pm 19$  και  $10\pm 19\%$ ) μετά από την περίοδο προπόνησης εμφανίζοντας αλληλεπίδραση μεταξύ των ομάδων και αρχικών – τελικών μετρήσεων (IVSs και IVSd,  $p<0,05$ ). Πριν την έναρξη της προπόνησης ο  $SpO_2$  μειώθηκε μετά από τα 50 m και στις δύο ομάδες αλλά μετά την περίοδο προπόνησης η μείωση ήταν υψηλότερη ( $p<0,05$ ) στην ΠΣΑ ( $-7,3\pm 3,4\%$ ) συγκριτικά με την ΑΣΑ ( $-2,5\pm 1,6\%$ ). Η επίδοση στα 50 και 400 m βελτιώθηκε και στις δύο ομάδες ( $p<0,05$ ) και

η ομάδα ΠΣΑ βελτιώθηκε σημαντικά στα 400 m συγκριτικά με την ομάδα ΑΣΑ ( $p < 0,05$ ). Η βελτίωση της απόδοσης και η μειωμένη  $SpO_2$  στην ομάδα ΠΣΑ είναι πιθανό να οφείλεται στην αυξημένη ανοχή στην υποξία και στις συνθήκες υποαερισμού. Επιπλέον, οι συνθήκες προπόνησης της ΠΣΑ είναι πιθανό να προκάλεσαν αυξημένες μεταβολικές προσαρμογές σε σχέση με την ομάδα ΑΣΑ. Η ΠΣΑ ευνοεί τη βελτίωση της απόδοσης σε απόσταση 400 αλλά όχι 50 m τεχνικής κολύμβησης. Η μορφολογία της καρδιάς παρά το γεγονός ότι δεν εμφάνισε σημαντικές μεταβολές μεταξύ των ομάδων και μετά από την περίοδο προπόνησης των 16 εβδομάδων παρουσίασε τάση για διαφορετικές προσαρμογές σε IVSs και IVSd.

**Λέξεις κλειδιά:** υπερηχοκαρδιογράφημα, διαλειμματική προπόνηση, καρδιακός μυς, συχνότητα αναπνοής, κορεσμός οξυγόνου

## **The effect of training with reduced breathing frequency in cardiac parameters and athletic performance**

### **Abstract**

Reduced breathing frequency (RBF) is used by finswimming (FSW) athletes during training and is likely to affect heart function and induce metabolic adaptation that boosts performance. The purpose of this study is to assess the effect of 16 weeks of training with RBF on cardiovascular function parameters and on performance of 28 FSW athletes divided into two groups of equal size. Participants followed the same daily training schedule with self-selected breathing frequency (SBF n=14) or RBF (n=14) at 40% of training distance and intensity corresponding to 70% of their personal best performance. Cardiac parameters related to heart morphology and arterial blood pressure were recorded at rest before and after training. Moreover, blood oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), and heart rate (HR) were recorded before and after 50 m apnea swimming. Timing at 50m apnea swimming and 400 m of finswimming were used as performance criteria. Intraventricular septum thickness during heart contraction (IVSs) and dilation (IVSd) increased in SBF (5±8 and 9±15%) and decreased in RBF (7±19 and 10±19%) after the training period revealing interaction between the two groups and initial-final measurements (IVSs and IVSd, p<0,05). Prior to training SpO<sub>2</sub> dropped equally after 50 m in both groups but after training the reduction was greater (p<0,05) at RBF group (-7,3±3,4%) compared to SBF group (-2,5±1,6%). Performance at 50 and 400 m was improved in both groups (p<0,05) and RBF group was significantly improved at 400 m compared to SBF group (p<0,05). Improved performance and lower SpO<sub>2</sub> in RBF group was probably the result of low ventilation and hypoxia tolerance. Furthermore, RBF training conditions could have resulted in increased metabolic adaptation compared to SBF group. RBF improves

performance in 400 m but not in 50 m of finswimming. Despite the fact that cardiac morphology was not differentiated significantly between the two groups even after the 16 weeks training period, it showed a tendency for different adaptation in IVSs and IVSd.

**Key words:** echocardiography, interval training, heart muscle, breathe frequency, oxygen saturation

## Πίνακας περιεχομένων

Σύμβολα και συντμήσεις ορισμών .....	10
Κατάλογος πινάκων .....	12
Κατάλογος σχημάτων .....	13
Κατάλογος εικόνων.....	14
Κεφάλαιο 1 .....	15
1. Εισαγωγή.....	15
1.1. Τι είναι η τεχνική κολύμβηση.....	15
1.2. Αθλητική απόδοση και καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές.....	15
1.3. Σκοπός .....	17
Κεφάλαιο 2.....	18
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας .....	18
2.1. Καρδιαγγειακές μεταβολές κατά την άσκηση .....	18
2.2. Καρδιαγγειακές προσαρμογές στη κολύμβηση .....	20
2.3. Υπερτροφία του μυοκαρδίου .....	21
2.4. Υποξία υψομέτρου .....	23
2.5. Άσκηση και υποαερισμός .....	23
2.6. Υποθέσεις .....	26
Κεφάλαιο 3 .....	27
3. Μεθοδολογία .....	27
3.1. Συμμετέχοντες.....	27
3.2. Σχεδιασμός της μελέτης .....	28
3.3. Συλλογή δεδομένων .....	29
3.3.1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά .....	29
3.3.1.1. Σωματική μάζα .....	29
3.3.1.2. Ανάστημα.....	29
3.3.1.3. Επιφάνεια σώματος .....	29
3.3.1.4. Δείκτης Μάζας Σώματος.....	29
3.3.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά .....	29
3.3.2.1. Περίμετρος θώρακος.....	29
3.3.2.2. Μήκος άνω και κάτω άκρων .....	30
3.3.3. Σύσταση σώματος .....	30
3.3.3.1. Σωματικό λίπος.....	30
3.3.4. Λειτουργικά χαρακτηριστικά.....	31



3.3.4.1. Έλεγχος του μυοκαρδίου .....	31
3.3.4.2. Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα .....	32
3.3.4.3. Καταγραφή επίδοσης .....	32
3.3.4.4. Ευκαμψία άνω άκρων .....	32
3.3.4.4. Ευκαμψία κάτω άκρων και κορμού .....	33
3.3.5. Καθορισμός βιολογικής ωρίμανσης .....	33
3.3.6. Προπονητική ηλικία .....	33
3.3.7. Κολυμβητικός εξοπλισμός .....	34
3.4. Διαδικασία .....	35
3.4.1. Προπόνηση αθλητών .....	35
3.4.2. Κολυμβητική δοκιμασία αξιολόγησης .....	38
3.5. Στατιστική ανάλυση .....	40
Κεφάλαιο 4 .....	41
4. Αποτελέσματα .....	41
4.1. Μεταβολές της επίδοσης .....	41
4.2. Μεταβολές των καρδιαγγειακών παραμέτρων και της αρτηριακής πίεσης .....	42
4.3. Μεταβολές στον κορεσμό αρτηριακού οξυγόνου και την καρδιακή συχνότητα .....	44
4.4. Μεταβολές στις ανθρωπομετρικές παραμέτρους .....	45
Κεφάλαιο 5 .....	47
5. Συζήτηση .....	47
5.1. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στη βελτίωση της απόδοσης .....	47
5.2. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στις καρδιακές παραμέτρους .....	51
5.3. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στον κορεσμό αρτηριακού οξυγόνου και την καρδιακή συχνότητα .....	55
5.4. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά .....	59
Κεφάλαιο 6 .....	60
6. Συμπεράσματα .....	60
Κεφάλαιο 7 .....	61
Βιβλιογραφία .....	61
Παράρτημα .....	74

**Σύμβολα και συντμήσεις ορισμών**

<b>ΑΣΑ</b>	Αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής
<b>ΠΣΑ</b>	Περιορισμένη συχνότητα αναπνοής
<b>ΚΑ</b>	Κράτημα της αναπνοής
<b>400 m</b>	Κολύμβηση 400 m στην επιφάνεια του νερού με τη χρήση αναπνευστήρα και
<b>Επιφάνεια</b>	συγκεκριμένου τύπου μονοπέδιλο
<b>50 m Άπνοη</b>	Κολύμβηση 50 m χωρίς αναπνοή και κάτω από την επιφάνεια του νερού με
	συγκεκριμένου τύπου μονοπέδιλο
<b>BMI</b>	Δείκτης μάζας σώματος
<b>BSA</b>	Επιφάνεια σώματος
<b>O<sub>2</sub></b>	Οξυγόνο
<b>CO<sub>2</sub></b>	Διοξείδιο του άνθρακος
<b>PaO<sub>2</sub></b>	Μερική αρτηριακή πίεση οξυγόνου
<b>SpO<sub>2</sub></b>	Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου όπως καταγράφεται με το παλμικό οξύμετρο
<b>SaO<sub>2</sub></b>	Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου
<b>FEV<sub>1</sub></b>	Βιαίως εκπνεόμενος όγκος στο πρώτο δευτερόλεπτο
<b>FVC</b>	Βίαη ζωτική χωρητικότητα
<b>V<sub>E</sub></b>	Κατά λεπτό αερισμός
<b>ΗΚΓ</b>	Ηλεκτροκαρδιογράφημα
<b>HR</b>	Καρδιακή συχνότητα
<b>HR max</b>	Μέγιστη καρδιακή συχνότητα
<b>HRV</b>	Μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού
<b>BP</b>	Πίεση αίματος
<b>DBP</b>	Διαστολική πίεση
<b>SBP</b>	Συστολική πίεση
<b>EDV</b>	Τελοδιαστολικός όγκος
<b>ESV</b>	Τελοσυστολικός όγκος
<b>SV</b>	Όγκος παλμού
<b>Q</b>	Καρδιακή παροχή
<b>EF</b>	Κλάσμα εξώθησης
<b>MV E/A</b>	Κύμα E προς κύμα A της μιτροειδούς βαλβίδας
<b>AV Vmax</b>	Μέγιστη ταχύτητα αορτικής βαλβίδας
<b>IVSd</b>	Πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη διαστολή
<b>IVSs</b>	Πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή
<b>LV</b>	Αριστερή κοιλία
<b>LVIDd</b>	Τελοδιαστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας

<b>LVIDs</b>	Τελοσυστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας
<b>LVPWd</b>	Οπίσθιο τοίχωμα αριστερής κοιλίας κατά τη διαστολή
<b>LVPWs</b>	Οπίσθιο τοίχωμα αριστερής κοιλίας κατά τη συστολή
<b>Hb</b>	Αιμοσφαιρίνη
<b>2-3-DPG</b>	2-3-διφωσφογλυκερικό οξύ
<b>EPO</b>	Ερυθροποιητίνη
<b>RBC</b>	Ερυθρά αιμοσφαίρια

### Κατάλογος πινάκων

<b>Πίνακας 1.</b>	Προγράμματα άσκησης με την χρήση της περιορισμένης συχνότητας αναπνοής και αποτελέσματα που παρουσίασε κάθε έρευνα	25
<b>Πίνακας 2.</b>	Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων αθλητών	27
<b>Πίνακας 3.</b>	Ενδεικτική διάρκεια προπόνησης και απόσταση σε κάθε προπονητική μονάδα.	37
<b>Πίνακας 4.</b>	Ενδεικτικά σετ προγράμματος παρέμβασης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής. Τα ίδια σετ εκτελούνταν και από την ομάδα με αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής.	37
<b>Πίνακας 5.</b>	Χαρακτηρίστηκα των περιοχών έντασης της προπόνησης και καρδιακή ανταπόκριση, σε αθλητές κολύμβησης ηλικίας 14-15 ετών.	38
<b>Πίνακας 6.</b>	Πρόγραμμα προθέρμανσης για τους αθλητές και των δυο ομάδων (ΠΣΑ και ΑΣΑ) πριν τις αγωνιστικές δοκιμασίες των 50 m άπνοης και 400 m επιφάνειας.	38
<b>Πίνακας 7.</b>	Μεταβολές της επίδοσης στα 50μ άπνοιας και 400μ επιφάνειας κολύμβησης σε αθλητές με ΠΣΑ και ΑΣΑ.	41
<b>Πίνακας 8.</b>	Μεταβολές καρδιαγγειακών παραμέτρων αξιολόγησης ανάμεσα στις ομάδες μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης.	43
<b>Πίνακας 10.</b>	Αποτελέσματα ανθρωπομετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών αξιολόγησης ανάμεσα στις δύο ομάδες μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης	46

**Κατάλογος σχημάτων**

<b>Σχήμα 1.</b>	Απεικόνιση της απόστασης προπόνησης και προγράμματος παρέμβασης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής (ΠΣΑ και ΑΣΑ) σε κάθε μήνα καθώς και οι αγωνιστικές υποχρεώσεις των αθλητών.	37
<b>Σχήμα 2.</b>	Μεταβολές στον κορεσμό οξυγόνου στις δύο ομάδες πριν και μετά από την προσπάθεια 50 m άπνοης κολύμβησης.	44
<b>Σχήμα 3.</b>	Μεταβολές της καρδιακή συχνότητας πριν και μετά από την προσπάθεια 50 m άπνοης κολύμβησης.	45

**Κατάλογος εικόνων**

<b>Εικόνα 1.</b>	Αξιολόγηση με τη μέθοδο M-mode των παραμέτρων στη συστολική και διαστολική λειτουργία ύστερα από καταγραφή 2D εικόνων από την επιμήκη παραστερνική λήψη στο επίπεδο της αριστερής κοιλίας.	32
<b>Εικόνα 2.</b>	Μονοπέδιλο, αναπνευστήρας και μαγιό που χρησιμοποιήθηκε κατά την περίοδο παρέμβασης και αξιολόγησης των αθλητών στα 50 m άπνοη και στα 400 m επιφάνεια	34
<b>Εικόνα 3.</b>	Παράθεση ηχοκαρδιογραφήματος αθλητού της ομάδας με ΑΣΑ πριν και μετά από την από την περίοδο παρέμβασης.	75
<b>Εικόνα 4.</b>	Παράθεση ηχοκαρδιογραφήματος αθλητού της ομάδας με ΠΣΑ πριν και μετά από την από την περίοδο παρέμβασης.	75

## Κεφάλαιο 1

### 1. Εισαγωγή

#### 1.1. Τι είναι η τεχνική κολύμβηση

Η τεχνική κολύμβηση (TK) είναι άθλημα πισίνας. Η ιδιομορφία του αγωνίσματος εστιάζεται στον τρόπο παραγωγής προωθητικής δύναμης η οποία προέρχεται από μια δελφίνοειδή κίνηση του κορμού που καταλήγει στα κάτω άκρα και στο μονοπέδιλο που χρησιμοποιεί ο αθλητής. Το άθλημα της τεχνική κολύμβησης περιγράφει την κίνηση με μονοπέδιλο ή διπλά πέδιλα, είτε στην επιφάνεια του νερού είτε κάτω από αυτό, μέσω της μυϊκής δύναμης των αθλητών (CMAS, 2010). Η προπόνηση των αθλητών της TK έχει την ίδια δομή με αυτή της κλασικής κολύμβησης και για την αξιολόγηση των αθλητών (κινηματικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά αθλητών), χρησιμοποιείται η ίδια μεθοδολογία με της κλασικής κολύμβησης (Σταύρου και συν 2007).

Τα στυλ κολύμβησης στην TK, στα αγωνίσματα πισίνας (παράρτημα), είναι τέσσερα και αποτελούνται από τα 50 m άπνοη, τα 100, 400 και 800 m υποβρύχιο, τα 50, 100, 200, 400, 800 και 1500 m επιφάνεια και από τα 50, 100 και 200 m κολύμβηση με διπλά πέδιλα (Bi-Fins). Σε αυτά τα στυλ κολύμβησης, ο αθλητής χρησιμοποιεί μονοπέδιλο ή διπλά πέδιλα και αναπνευστήρα για τα αγωνίσματα επιφανείας και Bifins, ενώ στα 50 m άπνοη δεν χρησιμοποιείται αναπνευστήρας. Στα αγωνίσματα των υποβρυχίων οι αθλητές κολυμπούν κάτω από την επιφάνεια του νερού και για την αναπνοή τους χρησιμοποιούν ειδικές πιστοποιημένες φιάλες με συμπιεσμένο ατμοσφαιρικό αέρα.

#### 1.2. Αθλητική απόδοση και καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές

Η αθλητική απόδοση επηρεάζεται από τις προσαρμογές που επέρχονται κατά τη διάρκεια της προπόνησης και σχετίζονται με τη συστηματική και μακροχρόνια προπόνηση του αθλητή. Οι προσαρμογές αυτές μπορούν να επιφέρουν μορφολογικές και λειτουργικές

μεταβολές σε κάθε όργανο και σύστημα του οργανισμού όπως μυοσκελετικό, καρδιαγγειακό, αναπνευστικό, νευρικό κ.α..

Το καρδιαγγειακό σύστημα εμφανίζει μεταβολές στον όγκο παλμού (SV), στο κλάσμα εξώθησης (EF), στην αύξηση της μάζας της αριστερής κοιλίας (LVmass) και την μάζα της καρδιάς καθώς και στον τελοσυστολικό (ESV) και τελοδιαστολικό όγκο (EDV) (Triposkiadis et al., 2002; Iemitsu et al., 2003; Vinet, Beck, Nottin, & Obert, 2005; Ayabakan et al., 2006). Ακόμα παρατηρείται προσαρμογή στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα (IVS) καθώς και το πάχος του τοιχώματος της αριστερής κοιλίας (LVPW) (Venckunas et al., 2008; Lucas, 2011).

Το αναπνευστικό σύστημα επηρεάζεται από το είδος της αναπνοής, (ελεγχόμενης ή περιορισμένης συχνότητας αναπνοής και κράτημα της αναπνοής) κατά την διάρκεια της άσκησης, μέσα και έξω από την προπόνηση σε πισίνα. Σύμφωνα με έρευνες αναφέρονται κυρίως άμεσες ανταποκρίσεις στη διαστολική (DBP) και συστολική αρτηριακή πίεση (SBP), στην καρδιακή συχνότητα (HR), στον κορεσμό αρτηριακού οξυγόνου (SpO<sub>2</sub>) και στον πνευμονικό όγκο (Woorons et al., 2008; Lemaitre et al., 2009; Alentejano, Marshall, & Bell, 2010; Woorons et al., 2011). Η κυψελιδική πίεση μειώνεται (Diker, Lofthus, Thornton, & Brooks, 1980) ενώ παρατηρείται στην άσκηση με μειωμένη συχνότητα αναπνοή, σε διαλειμματική προπόνηση και υπομέγιστη ένταση, οι συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα να είναι υψηλότερες (Czuba et al., 2011). Η αερόβια ικανότητα έχει παρατηρηθεί να μειώνεται άμεσα από αυτό το είδος άσκησης (West, Drummond, VanNess, & Ciccolella, 2005). Ωστόσο, η εφαρμογή της περιορισμένης συχνότητας αναπνοής σε μια περίοδο προπόνησης δεν έχει επαρκώς μελετηθεί και δεν είναι γνωστές οι μακροχρόνιες επιδράσεις αυτής της μεθόδου στην λειτουργία και μορφολογία του καρδιακού μυός.



### 1.3. Σκοπός

Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην διερεύνηση του τρόπου προπόνησης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής ως προς την επίδραση της στην κολυμβητική απόδοση των 50 m άπνοης και 400 m επιφάνειας σε σχέση με την ίδια προπόνηση και την αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής. Επιπρόσθετος σκοπός είναι να καταγράψει και να αναλύσει τυχόν μεταβολές που πιθανόν να εμφανιστούν στη μορφολογία της καρδιάς και στον κορεσμό οξυγόνου κατά την περίοδο των 16 εβδομάδων παρέμβασης.

## Κεφάλαιο 2

### 2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

#### 2.1. Καρδιαγγειακές μεταβολές κατά την άσκηση

Το μυοκάρδιο έχει την τάση να προσαρμόζεται ώστε να ανταπεξέρχεται στις ανάγκες του ανθρώπου για άσκηση. Οι μεταβολές αυτές υπήρξαν αντικείμενο μελέτης από αρκετούς ερευνητές σε προηγούμενες δεκαετίες. Ο Fuster και οι συνεργάτες του (1977), κάνουν αναφορά σε μελέτη τους πως η υπερτροφία είναι ένα συχνό φαινόμενο στη κοιλιακή προσαρμογή σε άτομα που κάνουν χρόνια άσκηση και πως η μέτρια υπερτροφία πιθανόν να είναι επωφελής σε σχετικά νέους αθλητές που συνεχίζουν με έντονες ασκήσεις για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να είναι πιο επιρρεπείς σε ΗΚΓ ανωμαλίες. Η μακροχρόνια επίδραση της άσκησης στην υπερτροφία της LV (Nishimura et al., 1980) που εμφανίζεται σε νεαρούς αθλητές που κάνουν εντατική και μακροχρόνια άσκηση, εμφανίζουν αύξηση στο LVPW. Ακόμα μεταξύ ισοτονικής και ισομετρικής άσκησης παρατηρούνται διαφορές στην υπερτροφία της LV. Η αύξηση της υπερτροφίας της LV στην καρδιά των αθλητών που συνδέεται με την αύξηση του όγκου της LV και με το LVPW μπορεί να είναι κανονικό. Ο Morganroth και οι συνεργάτες του (1975), αναφέρουν πως η LVmass της καρδιάς των αθλητών σε ισομετρικές ασκήσεις συσχετίστηκε με αύξηση της LVmass και με τον όγκο να παρέμεινε κανονικός. Ο Venckunas και οι συνεργάτες του (2008), μελετώντας τη δομή και τη λειτουργία της καρδιάς σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων (μαραθωνοδρόμους n=18, δρομείς μεσαίων αποστάσεων n=17, καλαθοσφαιριστές n=31, ποδηλάτες δρόμου n=8, κολυμβητές n=10 και αθλητές δυναμικών αθλημάτων n=9), ίδιας ημερολογιακής (15-31 ετών) και προπονητικής ηλικίας (4-9 χρόνια) παρατήρησαν στους αθλητές αύξηση στο IVS στη διαστολή και στο LVPW αλλά όχι στη διάμετρο σε σχέση με την ομάδα ελέγχου ( $p < .05$ ). Η μάζα της LV όλων των αθλητών σε σχέση με το LVPW εμφανίστηκε υψηλότερη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου στους καλαθοσφαιριστές, κολυμβητές, ποδηλάτες και

αθλητές δυναμικών αθλημάτων. Μεταξύ των αθλητών, οι μικρότερες τιμές στο IVS στη συστολή παρατηρήθηκε στους δρομείς μεσαίων αποστάσεων από τους καλαθοσφαιριστές, ποδηλάτες, κολυμβητές και αθλητές δυναμικών αθλημάτων. Προέκυψε το συμπέρασμα πως η σχετική διάμετρος της LV αυξήθηκε σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων σε σύγκριση με τους καλαθοσφαιριστές, ποδηλάτες και αθλητές δυναμικών αθλημάτων.

Ακόμα ο τύπος άσκησης επηρεάζει το πάχος του LVPW ώστε να αυξηθεί ομόκεντρα ή έκκεντρα. Οι αθλητές που έκαναν ισοτονική άσκηση, όπως η κολύμβηση εμφάνισαν αύξηση στις τιμές EDV (181 ml) και LVmass (308 gr) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (101 ml και 211 gr) ενώ το LVPW υπήρξε φυσιολογικό ( $\leq 1,2$  cm). Οι αθλητές που συμμετείχαν σε ισομετρική άσκηση όπως η πάλη εμφάνισαν φυσιολογικό EDV της LV (110 ml, 122 ml) αλλά αυξημένο IVS (1,3-1,4 cm) και βάρος (330 gr, 348 gr). Ο Morganroth και οι συνεργάτες του (1975), αναφέρουν πως οι αθλητές που εκτελούν προγράμματα ισοτονικής άσκησης αυξάνουν την LVmass. Η μεγαλύτερη μάζα της LV και ο όγκος σε προπονημένους αθλητές ενίσχυσαν την ερμηνεία ότι οι τιμές μεταβάλλονται σε σχέση με τις κανονικές τιμές. Η ομόκεντρη αύξηση στο LVPW εμφανίζεται κυρίως σε κολυμβητές (Ayabakan et al., 2006). Αυτό σύμφωνα με τους Westerhof, Stergiopoulos, και Noble (2005), συνεπάγεται με μια σκλήρυνση του τοιχώματος κατά τη διαστολή και συστολή με αποτέλεσμα να αυξάνεται η παράλληλη σύνδεση των σαρκομερίων, παχύτερων ινών και παχύτερου τοιχώματος. Η ομόκεντρη υπερτροφία προκαλεί αύξηση στη διαστολική και συστολική πίεση, αλλά δεν επηρεάζει τον όγκο αίματος που εκτοξεύει η καρδιά σε κάθε κύκλο. Στην έκκεντρη υπερτροφία αυξάνεται ο όγκος της εσωτερικής κοιλότητας. Τα σαρκομέρια συνδέονται σε σειρά και μεγαλώνει το μήκος των ινών τους, ενώ το πάχος του τοιχώματος παραμένει αμετάβλητο ή αυξάνεται ελάχιστα. Η έκκεντρη υπερτροφία προκαλεί μετακίνηση του διαγράμματος όγκου προς μεγαλύτερους όγκους και αυτό συνεπάγεται με μια αύξηση των δυνάμεων στο τοίχωμα σύμφωνα με το νόμο του Laplace. Τα ανταγωνιστικά αθλήματα συχνά

συνδέονται με υπερτροφία της αριστερής κοιλίας και θεωρείται πως ο τρόπος και το είδος της άσκησης ρυθμίζει τη μακροχρόνια καρδιακή προσαρμογή.

## 2.2. Καρδιαγγειακές προσαρμογές στη κολύμβηση

Η κολύμβηση ως άσκηση χαρακτηρίζεται από τη προοδευτική αύξηση του SV και μειωμένη περιφερική αντίσταση κατά την άσκηση (D'Andrea et al., 2003; Rowland et al., 2009). Ο Rowland και οι συνεργάτες του (2009), μελέτησαν κολυμβητές και μη κολυμβητές και δεν διαπίστωσαν διαφορές ανάμεσα στη συστολική ή διαστολική λειτουργία της καρδιάς στις δυο ομάδες. Η διαστολική λειτουργία της δεξιάς κοιλίας (RV) επηρεάζεται θετικά από την αύξηση προφόρτισης στους αθλητές και αποτελεί έναν ανεξάρτητο παράγοντα της καρδιακής λειτουργίας κατά τη διάρκεια σωματικής προσπάθειας. Το ηχοκαρδιογράφημα μπορεί να ληφθεί υπόψη για τη διάκριση διαφορετικών καρδιακών προσαρμογών σε αθλητικές δραστηριότητες αντοχής ή δύναμης και τελικά να εκφραστεί σε ποσοστό συγκριτικά με την RV και την μακροχρόνια προπόνηση (D'Andrea et al., 2003). Ο Dayan, και οι συνεργάτες του (2005), παρατήρησαν τις άμεσες καρδιαγγειακές προσαρμογές στην κολύμβηση σε μια μικρής περιόδου άσκησης (3 εβδομάδες) και συμπέραναν πως είναι αρκετό το διάστημα αυτό για να προκαλέσει μεταβολές στη καρδιά, να βελτιώσει τη λειτουργία της LV και τη συστολική λειτουργία της μετά την άσκηση. Η διάρκεια της προπόνησης σχετίζεται με τις μορφολογικές προσαρμογές της LV συμπεριλαμβανομένης και της αύξησης του πάχους του τοιχώματος (Haykowsky et al., 1998). Ο Haykowsky και οι συνεργάτες του (1998), διαπίστωσαν πως στις δύο εβδομάδες προπόνησης, η διάρκεια της άσκησης επέδρασε στις μεταβολές του IVS, ανεξάρτητα από την προπονητική παρέμβαση. Ο Triposkiadis και οι συνεργάτες του (2002), σε μελέτη τους συμπέραναν πως υπήρξαν καρδιακές προσαρμογές στους κολυμβητές που έκαναν συστηματική προπόνηση και εμφάνισαν μια ήπια αύξηση των διαστάσεων της LV ενώ δεν υπήρξαν σημαντικές αλλαγές στο LVPW. Επίσης υπήρξε αύξηση του αριστερού καρδιακού κόλπου και της συστολικής

λειτουργίας. Ωστόσο έχει παρατηρηθεί ομόκεντρη αύξηση στο πάχος του τοιχώματος της LV σε κολυμβητές μετά από αερόβια άσκηση χωρίς να υπάρχει σημαντική μεταβολή στην διαστολική διάμετρο της LV (Ayabakan et al., 2006).

### 2.3. Υπερτροφία του μυοκαρδίου

Τα ευρήματα του ηχοκαρδιογραφήματος σε αθλητές παρουσιάζουν συχνά στοιχεία για τον καρδιακό μυ ίδια με αυτά ατόμων που πάσχουν από κολποκοιλιακά παθολογικά αίτια πρώτου και δευτέρου βαθμού, με αλλοίωση της κοιλιακής αγωγιμότητας καθώς και κοιλιακή υπερτροφία (Lichtman, O'Rourke, Klein, & Karliner, 1973). Στην πραγματικότητα, οι αθλητές αυτοί είναι ικανοί για αθλητική δραστηριότητα. Τα ευρήματα από τα ΗΚΓ συνήθως αντανακλούν στην ανατομία, ηλεκτροφυσιολογία και στην επίδραση της προπόνησης στο καρδιαγγειακό σύστημα. Σύμφωνα με μελέτη των Lo και Chin (1990), που εξέτασαν άτομα ασυμπτωματικά, υγιή και χωρίς κανένα προηγούμενο ιστορικό καρδιοπάθειας οι οποίοι ασχολούνται με συστηματική προπόνηση αντοχής σε καθημερινή βάση, παρατηρήθηκε μια ασύμμετρη διαφραγματική υπερτροφία στο 40% των αθλητών εξετάστηκαν. Η προπόνηση των αθλητών αυτών αποτελούταν από 2-3 ώρες ποδηλάτηση με ένταση 70-85% της  $VO_{2max}$ . Η κοιλιακή υπερτροφία είναι ένα αναπόσπαστο μέρος του συνδρόμου της αθλητικής καρδιάς και οι υγιείς αθλητές που ασχολούνται με εντατική προπόνηση δεν θα πρέπει να επισημαίνονται ως ακατάλληλοι έχοντας καρδιακή παθολογία. Η διαφοροποίηση αυτή θα πρέπει να γνωρίζεται και να διακρίνεται γιατί είναι υπεύθυνη για περίπου το 1/3 όλων των αιφνίδιων θανάτων στους νέους αθλητές (Sharma et al., 2002).

Σύμφωνα με τους Urhausen, Monz, και Kindermann (1997), σε μελέτη τους σε αθλητές κωπηλασίας παρατηρήθηκε πως τα ανώτατα όρια που θεωρούνται κρίσιμης σημασίας για το βάρος καρδιάς είναι τα 500g και για το πάχος του τοιχώματος τα 0,6-1,1cm. Τα κλινικά όρια καρδιάς ανδρών (300-350 gr) και γυναικών (200-250 gr) καθώς το αριστερό (1,3-1,5 cm) και δεξιό (0,3-0,5 cm) πάχος του τοιχώματος είναι τιμές που σχετίζονται με το

βάρος σώματος (Horace, 1899; Lucas, 2011). Η τελοδιαστολική εσωτερική διάμετρος της LV μετρήθηκε πάνω από το ανώτατο κλινικό όριο των 5,5 cm. Το LVPW εμφανίστηκε στα 1,3 και 1,2 cm. Το τοίχωμα της LV στην εσωτερική διάμετρο δεν υπερέβη το 48-50%. Η συστολική λειτουργία της LV καθώς και το ΗΚΓ της αρτηριακής πίεσης δεν εμφάνισαν κάποια παθολογική αιτία στη διαστολική λειτουργία της LV που ήταν εντός των φυσιολογικών ορίων. Τα κλινικά όρια, ισχύουν σε άτομα με σωματική μάζα έως και ~70 kg. Συμπερασματικά διαπίστωσαν πως το πάχος του τοιχώματος της LV μπορεί να υπερβεί τα κλινικά όρια μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Η αύξηση της προπόνησης δύναμης παρατηρήθηκε να σχετίζεται με την υπερτροφία αυτή (Urhausen et al., 1997).

Συμπερασματικά παρατηρούμε πως οι προσαρμογές στο καρδιαγγειακό σύστημα, όπως αναφέρονται στις προηγούμενες μελέτες, σχετίζονται με την υπερτροφία του μυοκαρδίου, το πάχος τοιχώματος, τη μάζα του καρδιακού μυ καθώς και με τις αιμοδυναμικές μεταβολές που εμφανίζονται κατά την χρόνια άσκηση. Στις έρευνες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα έχει παρατηρηθεί πως η υπερτροφία της LV των αθλητών, συνδέεται με την αύξηση του όγκου της LV, τον καρδιακό ρυθμό την διάρκεια της προπόνησης των αγωνισμάτων, τη συχνότητα των προπονητικών ερεθισμάτων καθώς επίσης και με την ηλικία (Giada et al., 1998; Haykowsky et al., 1998; Dayan et al., 2005; Vinet et al., 2005). Τα νεαρά άτομα που συμμετέχουν σε εντατικά προγράμματα άσκησης όπως η κολύμβηση δεν εμφανίζουν αλλαγές στους δείκτες της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (HRV). Ακόμα ούτε ο χρόνος ούτε οι μεταβλητές του HRV ήταν σημαντικά διαφορετικές ώστε να επηρεάζεται η εντατική προπόνηση σε υγιή παιδιά με αρνητικές επιπτώσεις στο HRV (Vinet et al., 2005). Ακόμα και η μικρή περίοδος αποχής που έχουν οι νεαροί αθλητές, λόγω τραυματισμού από την προπόνηση, δεν είναι αρκετή να εμφανίσει διαφορές στο EF της LV (Roeske et al., 1976). Οι καρδιακές προσαρμογές κατά την άσκηση οδηγούν σε μείωση τη καρδιακής συχνότητας η οποία συνοδεύεται από την αύξηση του SV (Gilbert et al., 1977). Η

αποχή αντίθετα, της άσκησης για μεγάλο χρονικό διάστημα μειώνει το LVPW σε νεαρούς αθλητές, ενώ η μάζα της καρδιάς, η διαστολική διάμετρος καθώς και ο όγκος της αριστερής κοιλίας μειώνονται μόνο στους μεγαλύτερους σε ηλικία αθλητές.

#### 2.4. Υποξία υψομέτρου

Ο Salgado (2007) εξηγώντας σε έρευνα του τον μηχανισμό που οδηγεί σε υποξία αναφέρει πως μια χρόνια προσαρμογή στην υποξία είναι και η αύξηση της ερυθροποιητίνης (EPO) η οποία με τη σειρά της προκαλεί αύξηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων (RBC) στο αίμα. Σε αυτό συμφώνησαν αργότερα και οι Elliott, Pham, και MacDougall (2008). Οι αυξήσεις των RBC προκαλούν αύξηση στην ικανότητα μεταφοράς  $O_2$ . Οι υποξικές συνθήκες άσκησης μπορούν να αυξήσουν την αερόβια ικανότητα από 5,4% σε 7,9% σε υγιή άνδρες (Lundby, Andersen, Thomsen, Norgaard, & Robach, 2008). Επιπλέον οι Wehrlin, Zuest, Hallen, και Marti (2006), παρατήρησαν αύξηση της αιμοσφαιρίνης και RCV κατά 5,3% και 5% αντίστοιχα με αύξηση 4,1% της  $VO_{2max}$ . Η θεωρία ότι η  $VO_{2max}$  είναι ο μηχανισμός που βελτιώνει τις επιδόσεις έχει αμφισβητηθεί από τους Gore, Clark, και Saunders (2007), ενώ οι Knaupp, Khilnani, Sherwood, Scharf, και Steinberg (1992), υποστηρίζουν πως υπάρχει αύξηση της EPO μετά από 120 min συνεχούς ή 240 min διαλειμματικής έκθεσης σε προσομοίωση υψόμετρο  $PO_2$  10,5%. Αντίθετα ο Gore και οι συνεργάτες του (2006), υποστηρίζουν ότι δεν υπήρξε αύξηση της EPO, RCV και της αιμοσφαιρίνης ενώ οι Robergs και Keteyian (2003), εκτιμούν πως οι βελτιώσεις των επιδόσεων μπορούν να υπάρξουν και χωρίς τη βελτίωση της  $VO_{2max}$ .

#### 2.5. Άσκηση και υποαερισμός

Η προπόνηση σε συνθήκες υποαερισμού μπορεί να προκληθεί είτε κάνοντας άσκηση σε υψόμετρο είτε κατά την άσκηση σε επίπεδο θαλάσσης ο αθλητής μπορεί να ελέγχει την αναπνοή ώστε να έχει μειωμένη συχνότητα σε μια συγκεκριμένη κολυμβητική απόσταση. Ο έλεγχος της αναπνοής δηλαδή, η περιορισμένη συχνότητα αναπνοής (ΠΣΑ) κατά την άσκηση

είναι μια μέθοδος προπόνησης αμφιλεγόμενη ως προς τις προπονητικές προσαρμογές της απόδοσης (Κλεισούρας, 1997). Ο μηχανισμός της προπόνησης αυτής εστιάζει στην προσαρμογή του αθλητή σε καταστάσεις υπερκαπνίας, αύξηση CO<sub>2</sub> στο αρτηριακό αίμα, ώστε να μπορεί να κρατάει για περισσότερη ώρα την αναπνοή του κατά την εκτέλεση μια κολυμβητικής προσπάθειας. Η μέθοδος αυτής της προπόνησης είναι ένας γνωστός τρόπος άσκησης σε αθλητές ελεύθερης κατάδυσης, στατικής και δυναμικής άπνοιας καθώς και σε αθλητές πισίνας (κολύμβηση, συγχρονισμένη κολύμβηση). Η μορφή αυτής της άσκησης προτείνεται από αρκετούς ερευνητές για τις αναερόβιες προσαρμογές (Counsilman, 1977; Olbrecht, 2000; Maglischo, 2003). Η άσκηση με ΠΣΑ συχνά είναι αιτία για έντονες κεφαλαλγίες, υπερκόπωση καθώς και για λιποθυμικές τάσεις των ασκουμένων. Οι καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές των αθλητών με προπόνηση στη ΠΣΑ (πίνακας 1) σχετίζονται με την αναερόβια και αερόβια ικανότητα. Οι προσαρμογές αυτές της ΠΣΑ που εμφανίζονται σε συνθήκες υποξίας είναι παραπλήσιες με αυτές που εμφανίζονται στο υψόμετρο (Czuba et al., 2011).

Ο Woorgons και οι συνεργάτες του (2008), παρατήρησαν σε μελέτη τους με αυτοεπιλεγόμενη αναπνοή σε προπόνησης 4 εβδομάδων να εμφανίζεται χαμηλός πνευμονικός όγκος, να μη μεταβάλλεται η αερόβια απόδοση (VO<sub>2max</sub>) και το γαλακτικό κατώφλι. Ακόμα παρατήρησαν μείωση της οξέωσης του αίματος που προκαλείται από την άσκηση, στο 90% μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Οι Alentejano, Marshall, και Bell (2010), παρατήρησαν πως οι αθλήτριες της συγχρονισμένης κολύμβησης εμφανίζουν μεγαλύτερη ικανότητα στο να κρατούν την αναπνοή τους σε δυναμική άπνοια με χαμηλή HR, γεγονός που υποδηλώνει την καλύτερη προσαρμογή στο ΚΑ. Επίσης έχει παρατηρηθεί πως η κράτηση της αναπνοής με τη δυναμική άπνοια, σε άσκηση των κοιλιακών μυών σχετίζεται με την αύξηση των τιμών HR (+30 bpm), SBP και DPB (+50 mmHg) ως προς τη στατική άπνοια (Finnoff et al., 2003). Ο Woorgons και οι συνεργάτες του (2011), παρατήρησαν σε μελέτη τους ότι μια παρατεταμένη



άσκηση με αυτοεπιλεγόμενη αναπνοή οδηγεί σε μεγαλύτερη καρδιακή δραστηριότητα, ανεξάρτητα από την υποξική επίδραση. Η μεγαλύτερη καρδιακή παροχή στην αυτοεπιλεγόμενη αναπνοή σε σύγκριση με την κανονική αναπνοή φαίνεται να είναι ο κύριος παράγοντας για την αντιστάθμιση της πτώσης της αρτηριακής περιεκτικότητας σε οξυγόνο.

**Πίνακας 1.** Προγράμματα άσκησης με την χρήση της περιορισμένης συχνότητας αναπνοής και αποτελέσματα που παρουσίασε κάθε έρευνα

Συγγραφείς	Εξεταζόμενοι	Πρόγραμμα άσκησης	Διάρκεια	Αποτελέσματα
<b>Miyasaka et al., 2002</b>	3 K	3x4x25m κολύμβηση άπνοια με 10 γρήγορες αναπνοές για διάλειμμα	1 συνεδρία	↓ SpO <sub>2</sub> (σοβαρή υποξαιμία) και ↑ ΚΣ
<b>Joulia et al., 2003</b>	8 TP (22 ετών)	Δυναμική άπνοια με hand grip: 20sec KA - 40sec διάλειμμα, 30% VO <sub>2max</sub>	3 φορές/εβδομάδα για 3μήνες	↓ Κ.Σ. στη δυναμική άπνοια, ↓ οξείωση αίματος και ανοχή στην υποξαιμία
<b>Woorons et al., 2007</b>	10 TP (27 ετών)	Υπομέγιστη δοκιμασία 5min στο κυκλοεργόμετρο, 70% VO <sub>2max</sub> με κανονική αναπνοή, 70% και 65% VO <sub>2max</sub> στο AK	1 συνεδρία	↓ SaO <sub>2</sub> , ↑ ΚΣ, ↑ δραστηριότητα αναπνευστικών μυών, ενδεχόμενη καρδιακή προσαρμογή σε μεγαλύτερο διάστημα άσκησης, πιθανές προσαρμογές ίδιες με του υψομέτρου, βελτίωση αερόβιας – αναερόβιας ικανότητας
<b>Lemaitre et al., 2009</b>	10 K (20 ετών)	30sec KA - 30sec διάλειμμα, 30% VO <sub>2Peak</sub>	4 φορές/εβδομάδα για 3μήνες	↑ μέγιστης και υπομέγιστης άσκησης, ↑ V <sub>E</sub> , FEV <sub>1</sub> , FVC και ↓ επίδοσης στα 50μ και 200μ κολύμβησης
<b>Alentejano et al., 2010</b>	15 ΣΚ, 15 E (18 ετών)	Στατική άπνοια: 30sec KA - 30sec διάλειμμα / 5set	3 συνεδρίες	↓ SaO <sub>2</sub> ↑ διάρκειας KA, ↓ αίσθημα αναπνοής στην άσκηση
<b>Kapus et al., 2010</b>	8 MA (24 ετών)	Δυναμική άπνοια σε κυκλοεργόμετρο VO <sub>2Peak</sub> με ελεύθερη αναπνοή και με ΠΣΑ	1 συνεχής δοκιμή	↓ SaO <sub>2</sub> η απόδοση επηρεάζεται από τη συχνότητα αναπνοής
<b>Woorons et al., 2011</b>	7 A (29 ετών)	Διαλειμματική άσκηση σε κυκλοεργόμετρο με εναλλαγές στη μέθοδο αναπνοής 3 τύποι αναπνοής x5min 65% VO <sub>2max</sub>	3 συνεδρίες	↓ SpO <sub>2</sub> , ↑ ΚΣ, SV και Q, ↓ της μέσης αρτηριακής πίεσης

K: κολυμβητές, TP: τριαθλητές, ΣΚ: συγχρονισμένη κολύμβηση, E: ελέγχου, A: άνδρες, MA: μη αθλητές ΠΣΑ: περιορισμένη συχνότητα αναπνοής, KA: κράτημα αναπνοής, VO<sub>2max</sub>: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, SpO<sub>2</sub>: κορεσμός αιμοσφαιρίνης με παλμική οξυμετρία, SaO<sub>2</sub>: κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου, AK: αναπνευστικό κατώφλι, V<sub>E</sub>: κατά λεπτό αερισμός, FEV<sub>1</sub>: βίαιος εκπνεόμενος όγκος το 1 sec, FVC: βίαιη ζωτική χωρητικότητα, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, SV: όγκος παλμού και Q: καρδιακή παροχή.

## 2.6. Υποθέσεις

1<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αρχικές σε σχέση με τις τελικές τιμές ούτε διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στην ημερολογιακή, βιολογική και προπονητική ηλικία. Δεν θα υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και αρχικών-τελικών μετρήσεων.

2<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά σε αρχικές και τελικές τιμές ούτε διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων, στην επίδοση στα 50 m άπνοη και 400 m επιφάνεια καθώς επίσης δεν θα παρατηρηθεί αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και αρχικών-τελικών μετρήσεων.

3<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αρχικές σε σχέση με τις τελικές τιμές ούτε διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στον κορεσμό οξυγόνου. Δεν θα υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και αρχικών-τελικών μετρήσεων.

4<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αρχικές σε σχέση με τις τελικές τιμές ούτε διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στους καρδιαγγειακούς δείκτες (τελοδιαστολικός όγκος, τελοσυστολικός όγκος, όγκος παλμού, κλάσμα εξώθησης, κύμα E προς κύμα A της μιτροειδούς βαλβίδας, μέγιστη ταχύτητα της αορτικής βαλβίδας, πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη διαστολή και στη συστολή, τελοδιαστολική και τελοσυστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας, οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη συστολή και διαστολή). Δεν θα υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και αρχικών-τελικών μετρήσεων.

5<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αρχικές σε σχέση με τις τελικές τιμές ούτε διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Δεν θα υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και αρχικών-τελικών μετρήσεων.

## Κεφάλαιο 3

### 3. Μεθοδολογία

#### 3.1. Συμμετέχοντες

Στην έρευνα μετείχαν 28 άτομα  $15,0 \pm 1,5$  έτη, αθλητές-τριες της τεχνικής κολύμβησης, οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία σε δυο ισοδύναμες ομάδες. Η ομάδα παρέμβασης αποτελούνταν από 14 αθλητές (ΠΣΑ:  $n=7$  αγόρια και  $n=7$  κορίτσια) και η ομάδα ελέγχου αποτελούνταν από 14 αθλητές, ίδιας ηλικίας και φύλου (ΑΣΑ;  $n=7$  αγόρια και  $n=7$  κορίτσια). Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δυο ομάδων παρουσιάζονται στο Πίνακα 2.

Οι μετέχοντες ελέγχθηκαν με ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) σε ηρεμία, με τη χρήση ηλεκτροκαρδιογράφου τύπου EPG 6view (Italy). Δεν είχαν ιστορικό καρδιαγγειακού ή αναπνευστικού νοσήματος και δεν ακολουθούσαν κάποια φαρμακευτική αγωγή. Ενημερώθηκαν για τους στόχους, τους κινδύνους και τη διαδικασία της μελέτης και έδωσαν γραπτή συγκατάθεση συμμετοχής οι κηδεμόνες τους. Η μελέτη είχε την έγκριση της επιτροπής δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

**Πίνακας 2.** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων αθλητών (Mean  $\pm$  Sd).

		Ομάδα παρέμβασης		Ομάδα ελέγχου	
		n=7 (A)	n=7 (K)	n=7 (A)	n=7 (K)
<b>Ηλικία</b>	<b> yrs</b>	15,7 $\pm$ 0,9	15,9 $\pm$ 0,9	15,1 $\pm$ 1,8	15,5 $\pm$ 1,1
<b>Ανάστημα</b>	<b> cm</b>	172 $\pm$ 7	161 $\pm$ 5	169 $\pm$ 11	163 $\pm$ 5
<b>Βάρος σώματος</b>	<b> kg</b>	65,4 $\pm$ 8,5	52,8 $\pm$ 7,0	59,1 $\pm$ 10,7	54,2 $\pm$ 4,2
<b>Δείκτης μάζας σώματος</b>	<b> kg/height<sup>2</sup></b>	21,9 $\pm$ 2,0	20,4 $\pm$ 3,2	20,4 $\pm$ 1,9	20,2 $\pm$ 1,8
<b>Επιφάνεια σώματος</b>	<b> m<sup>2</sup></b>	1,6 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,1
<b>Σωματικό λίπος</b>	<b> %</b>	9,6 $\pm$ 2,1	14 $\pm$ 5,3	10,1 $\pm$ 2,2	11,2 $\pm$ 2,8
<b>Προπονητική ηλικία στη TK</b>	<b> yrs</b>	3,7 $\pm$ 1,8	3,7 $\pm$ 1,5	2,6 $\pm$ 0,5	2,4 $\pm$ 0,5

### 3.2. Σχεδιασμός της μελέτης

Ο σχεδιασμός της μελέτης περιλάμβανε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο ομάδες (πειραματική και ελέγχου). Ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν η μέθοδος προπόνησης διάρκειας 16 εβδομάδων, με ΑΣΑ και με ΠΣΑ. Εξαρτημένες μεταβλητές ήταν η επίδοση στα 50 m άπνοης και 400 m επιφάνειας κολύμβησης, ο κορεσμός οξυγόνου ( $SpO_2$ ), η συστολική αρτηριακή πίεση (SBP), η διαστολική αρτηριακή πίεση (DBP) και οι καρδιακοί παράμετροι όπως ο τελοδιαστολικός όγκος (EDV), ο τελοσυστολικός όγκος (ESV), ο όγκος παλμού (SV), το κλάσμα εξώθησης (EF), το κύμα E προς κύμα A της μιτροειδούς βαλβίδας (MV E/A), η μέγιστη ταχύτητα της αορτικής βαλβίδας (AV  $V_{max}$ ), το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη διαστολή (IVSd), το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή (IVSs), η τελοδιαστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας (LVIDd), η τελοσυστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας (LVIDs), το οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη συστολή (LVPWs) και οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη διαστολή (LVPWd).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε αρχικά περιελάμβανε την αξιολόγηση των καρδιακών παραμέτρων και τη συλλογή των σωματομετρικών χαρακτηριστικών καθώς και τη βιολογική ηλικία. Έπειτα από 48 ώρες εκτελέστηκαν οι δοκιμασίες στην πισίνα στις αποστάσεις των 50 m άπνοη και 400 m επιφάνειας (τα αγωνίσματα επιφανείας είναι κολύμβηση στην επιφάνεια του νερού με τη χρήση αναπνευστήρα και μονοπέδλου ενώ το αγώνισμα 50 m άπνοης είναι κολύμβηση, χωρίς αναπνευστήρα και αναπνοή, κάτω από την επιφάνεια του νερού). Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε μετά από διάστημα 16 εβδομάδων. Οι αθλητές της ομάδας παρέμβασης σε κάθε προπόνηση εκτελούσαν ένα σετ με ΠΣΑ το οποίο κατείχε ποσοστό 40% της συνολικής προπονητικής μονάδας. Η ομάδα ελέγχου αντί του σετ με ΠΣΑ εκτελούσε ένα σετ με ΑΣΑ ίδιας διάρκειας, όγκου, έντασης και διαλείμματος.

### 3.3. Συλλογή δεδομένων

#### 3.3.1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

3.3.1.1. Σωματική μάζα: Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας τύπου Seca 700 και η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 0,5 kg. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες των Pyne, Goldsmith, και Maw (2000).

3.3.1.2. Ανάστημα: Το ανάστημα μετρήθηκε σε αναστημόμετρο τύπου Seca 700 και η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 1 cm. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του Pyne και των συνεργατών του (2000).

3.3.1.3. Επιφάνεια σώματος: Για τον υπολογισμό της επιφάνειας σώματος (Body Surface Area), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Mosteller (1987):

$$BSA = [(Υψος_{(cm)} \times Βάρος_{(kg)})/3600]^{1/2}$$

3.3.1.4. Δείκτης Μάζας Σώματος: Για τον υπολογισμό του δείκτη μάζας σώματος (Body Mass Index), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$BMI = [\beta\acute{\alpha}\rho\omicron\varsigma_{(kg)} / \acute{\upsilon}\psi\omicron\varsigma^2_{(m)}]$$

#### 3.3.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

3.3.2.1. Περίμετρος θώρακος: Η μέτρηση της περιφέρειας θώρακος έγινε από όρθια θέση με τα χέρια του δοκιμαζόμενου σε απαγωγή. Η μέτρηση έγινε 5 cm κάτω από το ύψος της θηλής και ανάμεσα από την 6<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> πλευρά. Καταγράφηκαν σε κάθε εξεταζόμενο δυο τιμές, αυτή που βρισκόταν σε μέγιστη εισπνοή και εκπνοή αντίστοιχα (Norton et al., 1996). Για την κάθε δοκιμασία οι μετέχοντες εκτελούσαν τρεις προσπάθειες και καταγράψαμε την καλύτερη. Η περίμετρος θώρακος κατά την εισπνοή και εκπνοή μετρήθηκε με πλαστική μετροταινία 1 m και με ακρίβεια εκατοστού (cm).

3.3.2.2. Μήκος άνω και κάτω άκρων: Η μέτρηση του άνω άκρου έγινε από όρθια θέση, με το άκρο σε ανάταση και να εφάπτεται η ραχιαία παλαμιαία επιφάνεια σε σταθερό σημείο. Η μέτρηση υπολογίστηκε από τη μασχαλιαία κοιλότητα έως την ονυχοφόρο φάλαγγα του μέσου δακτύλου (Norton et al., 1996) ενώ η μέτρηση των κάτω άκρων έγινε από ύπτια κατάκλιση και υπολογίστηκε από το μείζων τροχαντήρα έως το έξω σφυρό (Norton et al., 1996). Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε πλαστική μετροταινία 1 m με ακρίβεια εκατοστού (cm).

### 3.3.3. Σύσταση σώματος

3.3.3.1. Σωματικό λίπος: Για τον προσδιορισμό της ποσοστιαίας αναλογίας σωματικού λίπους μετρήσαμε δερματοπτυχές 7 σημείων (στήθος, μεσομασχαλιαία, τρικέφαλος βραχίονα, μεσοπλάτιος, κοιλιά, υπερλαγόνια και τετρακέφαλο). Για τη μέτρηση των δερματοπτυχών χρησιμοποιήθηκε ένα δερματοπτυχόμετρο τύπου Harpenden, με ακρίβεια μέτρησης 0,1 mm (Norton et al., 1996). Το κάθε ένα από τα επτά σημεία μετρήθηκε τρεις φορές και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τριών τιμών. Το δερματοπτυχόμετρο ήταν βαθμονομημένο με μια σταθερή πίεση μεταξύ των επιφανειών επαφής 10 p/mm<sup>2</sup>. Ο υπολογισμός του ποσοστού σωματικού λίπους υπολογίστηκε από τον τύπο του Yuhasz (1962):

$$\text{αγόρια} : [(\delta^*) \times (0,097) + 3,641]$$

$$\text{κορίτσια} : [(\delta^*) \times (0,217) - 4,47]$$

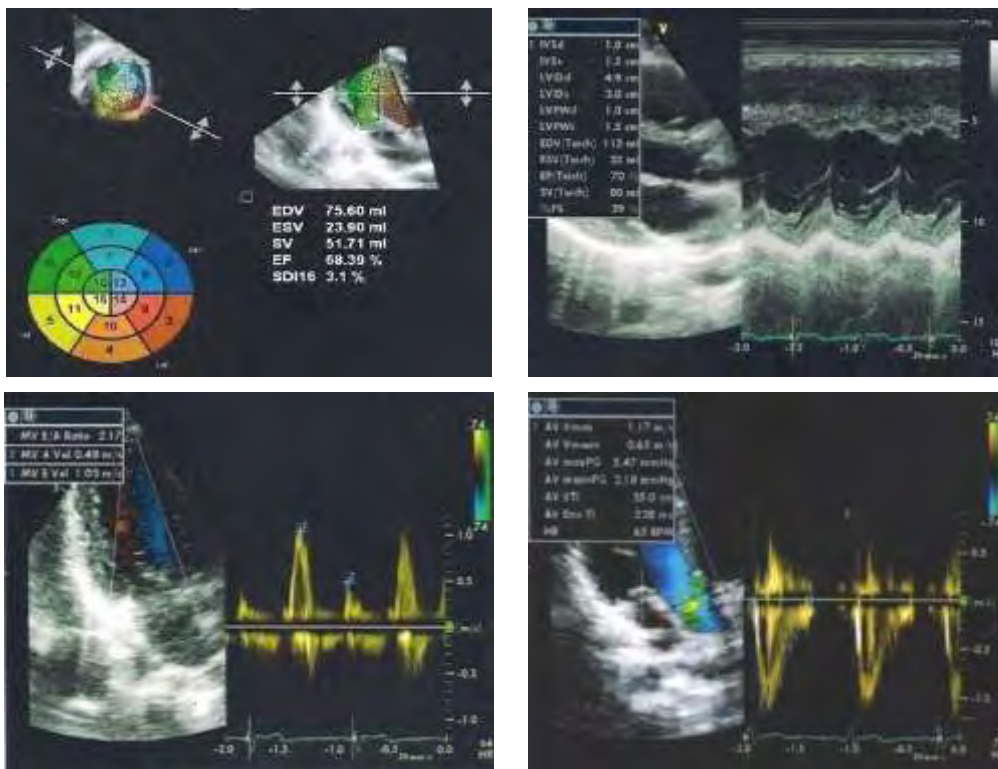
\*δ: άθροισμα των δερματοπτυχών 7 σημείων

### 3.3.4. Λειτουργικά χαρακτηριστικά

#### 3.3.4.1. Έλεγχος του μυοκαρδίου

Ο έλεγχος του μυοκαρδίου των αθλητών έγινε με υπερηχοκαρδιογραφική εξέταση (American Society of Echocardiography, Lopez et al., 2010; Luthra, 2010) στον επιμήκη άξονα της παραστερνικής λήψης και οι μετρήσεις των διαστάσεων γινόταν με τη μέθοδο M-mode που περιείχε καλύτερη ανάλυση από τη δισδιάστατη (2D) υπερηχογραφία (Vivid BT08, General Electric, USA). Οι αθλητές εξετάστηκαν ενώ ήταν σε πλάγια κατάκλιση από την αριστερή πλευρά. Το υπερηχοκαρδιογραφικό παράθυρο που έγινε η καταγραφή ήταν το αριστερό παραστερνικό με το μετατροπέα τοποθετημένο στο δεύτερο με τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα αριστερά παραστερνικά και το δείκτη του μετατροπέα στραμμένο προς τον δεξιό ώμο με γωνία λήψης μικρότερη των 25° (Τσαρούχας, 2008). Έγχρωμο Doppler χρησιμοποιήθηκε για να αναγνωριστούν παθολογικές ροές και για να εκτιμηθεί η διαστολική λειτουργία της μιτροειδούς βαλβίδας. Οι καρδιακοί παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν ο EDV, ESV SV, EF, MV E/A, AV Vmax, IVSd, IVSs, LVIDd, LVIDs, LVPWs LVPWd. Οι τιμές των παραμέτρων EDV, ESV SV και EF υπολογίστηκαν αυτόματα με τη χρήση του Doppler ενώ οι τιμές των παραμέτρων MV E/A, AV Vmax, IVSd, IVSs, LVIDd, LVIDs, LVPWs LVPWd υπολογίστηκαν μηχανικά με τη χρήση του M-mode από 2D εικόνες καταγραφής (Εικόνα 1). Η κάθε παράμετρος μετρήθηκε τρεις φορές και καταγράφηκε η μέση τιμή όπως προέκυπτε.

Για τη καταγραφή της SBP και DBP χρησιμοποιήθηκε σφυγμομανόμετρο τύπου Mac (Japan). Ο καρδιολογικός έλεγχος έγινε μεταξύ 10<sup>:00</sup>-13<sup>:00</sup> και όλοι οι αθλητές ήταν σε ηρεμία. Ο έλεγχος και επανέλεγχος των αθλητών έγινε τις ίδιες ώρες στον ίδιο χώρο και από τον ίδιο καρδιολόγο εξεταστή.



**Εικόνα 1.** Αξιολόγηση με τη μέθοδο M-mode των παραμέτρων στη συστολική και διαστολική λειτουργία ύστερα από καταγραφή 2D εικόνων από την επιμήκη παραστερνική λήψη στο επίπεδο της αριστερής κοιλίας.

### 3.3.4.2. Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα

Η μέτρηση του ποσοστού του περιφερικού αρτηριακού οξυγόνου ( $SpO_2\%$ ) έγινε με παλμική οξυμετρία ενώ παράλληλα καταγραφόταν και η καρδιακή συχνότητα (HR). Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιήθηκε φορητό οξύμετρο τύπου Ri-fox, Riester (Germany).

### 3.3.4.3. Καταγραφή επίδοσης

Η κολυμβητική επίδοση στα 50 m άπνοης και 400 m κολύμβησης επιφάνειας καταγράφηκε με ψηφιακό χρονόμετρο χειρός (Cei-Ultrak 499, Cardena, California, USA).

### 3.3.4.4. Ευκαμψία άνω άκρων

Για την αξιολόγηση της κινητικότητας των άνω άκρων χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία της ταυτόχρονης περιφοράς των χεριών κρατώντας μια ξύλινη λεπτή ράβδο. Η ράβδος ήταν αριθμημένη από το 1 cm έως το 100 cm και καταγράφηκε η τιμή της μικρότερης απόστασης



των χεριών μεταξύ τους σε εκατοστά (cm) κατά την κίνηση (Pavlicevic, 2002). Ο αριθμός των προσπαθειών δεν ήταν περιορισμένος και εκτελούσαν μέχρι να σημειώσουν την μικρότερη τιμή.

#### 3.3.4.4. Ευκαμψία κάτω άκρων και κορμού

Για την αξιολόγηση της κινητικότητας των κάτω άκρων χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία δίπλωσης του κορμού (sit and reach test). Οι εξεταζόμενοι εκτέλεσαν κάμψη του κορμού με σταθερό ρυθμό τεντώνοντας μπροστά όσο το δυνατόν περισσότερο, χωρίς να λυγίσουν τα γόνατα και διατηρώντας την τελική τους θέση για 2s. Πραγματοποιήθηκαν δύο προσπάθειες με διάλειμμα 10s και καταγράφηκε η καλύτερη (Cochrane & Stannard, 2005).

#### 3.3.5. Καθορισμός βιολογικής ωρίμανσης

Η βιολογική ηλικία υπολογίστηκε με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ωρίμανσης των 5 σταδίων ανάπτυξης των γεννητικών οργάνων και της τριχοφυΐας του εφηβικού σύμφωνα με τον πίνακα του Tanner (1962). Η εξακρίβωση του κάθε σταδίου ανάπτυξης του κάθε μετέχοντα, γινόταν χωριστά αντιπαραθέτοντας τα χαρακτηριστικά των γεννητικών οργάνων του με πρότυπες φωτογραφίες των 5 σταδίων από τον πίνακα του Tanner (1962). Η συλλογή δεδομένων από τους μετέχοντες, έγινε από εξεταστές αντίστοιχου φύλου.

#### 3.3.6. Προπονητική ηλικία

Ως προπονητική ηλικία ορίζεται η συστηματική ενασχόληση με το άθλημα. Στους μετέχοντες αυτής της μελέτης ως προπονητική ηλικία ορίσαμε την συστηματική ενασχόληση των αθλητών μας με τη τεχνική κολύμβηση. Σε πολλές περιπτώσεις οι αθλητές που ασχολούνται με την τεχνική κολύμβηση προέρχονται από το άθλημα της κλασικής κολύμβησης. Αυτό σημαίνει πως η προπονητική ηλικία του κάθε αθλητή είναι μεγαλύτερη. Παρόλα αυτά η προπονητική ηλικία καθορίζεται από τα χρόνια ενασχόλησης με την τεχνική κολύμβηση.

### 3.3.7. Κολυμβητικός εξοπλισμός

Οι αθλητές για την κολύμβηση των αποστάσεων 50 m άπνοη και 400 m επιφάνεια καθώς και για την προπόνηση τους χρησιμοποιούσαν ίδιου τύπου μονοπέδιλο (Pendergast et al., 2003) (Star-fins, Ukraine) με βάρος  $3\pm 0,6$  kg, μήκος  $71\pm 1$  cm και πλάτος  $70\pm 0,5$  cm (Εικόνα 2). Ο αναπνευστήρας για την κολύμβηση των 400 m επιφάνειας ήταν ίδιου τύπου (ύψος 480 mm). Τα κολυμβητικά μαγιό ήταν ίδια για όλους τους αθλητές (Εικόνα 2). Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν συμβατός με του διεθνής κανονισμούς της παγκόσμιας ομοσπονδίας τεχνικής κολύμβησης (CMAS, 2010).



**Εικόνα 2.** Μονοπέδιλο, αναπνευστήρας και μαγιό που χρησιμοποιήθηκε κατά την περίοδο παρέμβασης και αξιολόγησης των αθλητών στα 50 m άπνοη και στα 400 m επιφάνεια.

### 3.4. Διαδικασία

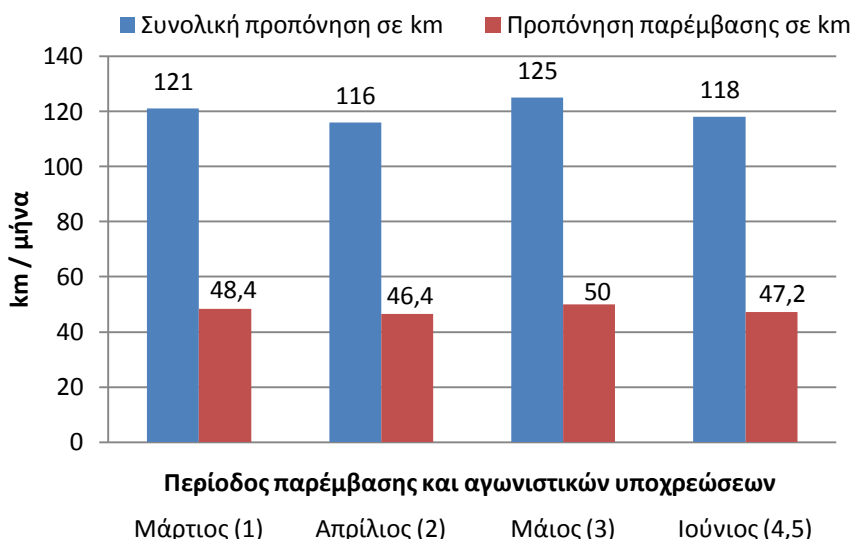
#### 3.4.1. Προπόνηση αθλητών

Το πρόγραμμα προπόνησης διήρκησε 16 εβδομάδες (4 μήνες) και κάθε αθλητής πραγματοποίησε 5-6 προπονήσεις κάθε εβδομάδα, διάρκειας 120 min. Ο στόχος των προπονητικών μονάδων ήταν σχεδιασμένος σύμφωνα με τις αγωνιστικές υποχρεώσεις των αθλητών στο υπόλοιπο της κολυμβητικής περιόδου (Σχήμα 4). Η περίοδος εξέτασης και παρέμβασης έγινε μεταξύ 19 Φεβρουαρίου 2011 και 5 Ιουνίου 2011 και κάλυπτε το δεύτερο μισό της αγωνιστικής περιόδου. Το πρώτο μέρος ανήκε στην περίοδο προετοιμασίας και η αερόβια προπόνηση κάλυπτε ένα μεγάλο ποσοστό της προπονητικής μονάδας. Η ώρα προπόνησης των αθλητών ήταν Δευτέρα έως Παρασκευή 14<sup>:30</sup>-16<sup>:30</sup> και Σάββατο 12<sup>:00</sup>-14<sup>:00</sup>.

Η κάθε προπονητική μονάδα περιελάμβανε κατά μέσο όρο 6,5 km (Πίνακας 3). Οι αθλητές και των δύο ομάδων κατά την άφιξη τους στον χώρο προπόνησης (πισίνα) εκτελούσαν για 15 min προθέρμανση εκτός νερού. Η προθέρμανση περιελάμβανε ασκήσεις διάταξης των μυών για 6 min και στη συνέχεια ασκήσεις με σχοινάκι, κοιλιακούς, ραχιαίους (100 επαναλήψεις) και προβολές ποδιών χωρίς βάρη (4x15 επαναλήψεις).

Το πρόγραμμα κολύμβησης ήταν δομημένο με την ακόλουθη σειρά: προθέρμανση, εισαγωγικό σετ, 1<sup>η</sup> βασική σειρά επαναλήψεων ή/και σειρά παρέμβασης (Κύρια σειρά επαναλήψεων 1-ΠΣΑ και ΑΣΑ), 2<sup>η</sup> βασική σειρά ή/και σειρά προπόνησης και αποθεραπεία. Η προθέρμανση και η αποθεραπεία κάθε προπονητικής μονάδας αντιπροσώπευε το 10% με κλασική κολύμβηση και με διπλά πτερύγια (πεδιλάκια). Οι αθλητές για την προθέρμανση εκτελούσαν περίπου 500-800 m σε διαφορετικές μορφές άσκησης και αποστάσεων κάθε φορά όπως 3x200, 2x400, 5x100, 8x50, 1x800 m ή και συνδυασμούς τους με ποικιλία κολύμβησης όπως ελεύθερο, μικτή, στυλ, πόδια ελευθέρου κ.α. σε ήρεμο ρυθμό κολύμβησης και 20 sec διάλλειμα ανάμεσα στις αποστάσεις. Η εισαγωγική σειρά αποτελούσε το 20% της

προπονητικής μονάδας και αποτελείτο από ασκήσεις στην τεχνική του αθλήματος και ασκήσεις νευρομυϊκής συναρμογής με μονοπέδιλο. Οι αθλητές εκτελούσαν ασκήσεις κολύμβησης με μονοπέδιλο που περιελάμβανε συνολικά απόσταση 800-1000 m όπως κολύμβηση με χέρια κάτω, μόνο το δεξί, μόνο το αριστερό ή και εναλλαγή, πλάγια και ύπια κολύμβηση, εναλλαγές στη συχνότητα δελφινισμού σε αργό-γρήγορο π.χ. 100αρια 75-25 ή 85-15 ή 50αρια 25-25 κ.ο.κ. Η πρώτη κύρια σειρά προπόνησης, ήταν αυτή που διαχώριζε τους αθλητές στις δυο ομάδες (παρέμβασης και ελέγχου) ως προς τη συχνότητα αναπνοής σε ΠΣΑ και σε ΑΣΑ (Πίνακας 4). Οι αθλητές γνώριζαν εξαρχής σε ποια ομάδα ανήκαν. Η σειρά επαναλήψεων της παρέμβασης αποτελούσε το 40% της απόστασης της προπονητικής μονάδος, είχε συνολική απόσταση 2000-2500 m και εκτελούνταν με μονοπέδιλο (Εικόνα 2). Η ένταση της άσκησης κυμαίνονταν στο 70-90% της καλύτερης προσωπικής τους επίδοσης και εξέφραζε την αντίστοιχη ζώνη προπόνησης (Πίνακα 5). Η ταχύτητα κολύμβησης καθώς και οι μικτοί χρόνοι στο ποσοστό έντασης (επί της % της καλύτερης επίδοσης) μεταβάλλονταν ανάλογα με την επίτευξη νέας καλύτερης επίδοσης. Ο έλεγχος αυτός γινόταν σε προγραμματισμένες περιόδους όπως αγώνες (Σχήμα 1) είτε από αξιολογήσεις στην προπόνηση, σε σταθερές χρονικά περιόδους των 25-30 ημερών. Αυτό είχε ως στόχο τη σταθερή διατήρηση του ποσοστού έντασης (70-90%). Ο κάθε αθλητής εκτελούσε το πρόγραμμα με τους ατομικούς του χρόνους. Η δεύτερη κύρια προπονητική σειρά αποτελούσε το 30% της προπονητικής μονάδος (1500-2000 m). Αυτή η σειρά επαναλήψεων εκτελέστηκε με μονοπέδιλο και είχε ως σκοπό τη βελτίωση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας. Η συνολική απόσταση της κάθε προπονητικής μονάδας μεταβάλλονταν κάθε φορά ανάλογα με τις αγωνιστικές υποχρεώσεις των μετεχόντων χωρίς όμως να μεταβάλλονται τα ποσοστά της δομής του κάθε μέρους που εκτελούνταν από όλους τους αθλητές ανεξάρτητα σε ποια ομάδα ανήκαν, περιορισμένης ή αυτοεπιλεγόμενης συχνότητας αναπνοής (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1.** Απεικόνιση της απόστασης προπόνησης και προγράμματος παρέμβασης με περιορισμένη (ΠΣΑ) και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής (ΑΣΑ) σε κάθε μήνα καθώς και οι αγωνιστικές υποχρεώσεις των αθλητών. (1. Χειμερινό πρωτάθλημα Βορείου Ελλάδος, 2. Ημερίδα ορίων, 3. Πρωτάθλημα Όπεν, 4. Ημερίδα ορίων και 5. Πανελλήνιο Πρωτάθλημα Κατηγοριών).

**Πίνακας 3.** Ενδεικτική διάρκεια προπόνησης και μέσος όρος χιλιομέτρων σε κάθε κομμάτι της προπονητικής μονάδας.

	% επί της ΠΜ*	Διάρκεια σε λεπτά	Σύνολο σε μέτρα / ΠΜ
Προθέρμανση εκτός νερού	-	15	-
Προθέρμανση εντός νερού	5	8-10	400
Εισαγωγικό σετ	20	10-15	1200
<b>1<sup>ο</sup> βασικό σετ - παρέμβασης</b>	<b>40</b>	<b>40-45</b>	<b>2500</b>
2 <sup>ο</sup> βασικό σετ	30	25-35	2000
Αποθεραπεία	5	5-8	200

\*ΠΜ: προπονητική μονάδα

**Πίνακας 4.** Ενδεικτικά σετ προγράμματος παρέμβασης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής (ΠΣΑ).

Τα ίδια σετ εκτελούνταν και από την ομάδα με ΑΣΑ χωρίς τον περιορισμό της αναπνοής.

Πρόγραμμα παρέμβασης με ΠΣΑ μέσα στην προπονητική μονάδα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x 10 x 50 m άπνοη κολύμβηση στο 80% της καλύτερης επίδοσης με 15s διάλειμμα.</li> <li>• 15 x 100m με αναπνοή στα 25 m, 75 m και 100 m με ταχύτητα που αντιστοιχεί στο +15s της καλύτερης επίδοσης τους με 10s διάλειμμα.</li> <li>• 20 x 25 m. άπνοη κολύμβηση σε μικτό χρόνο κολύμβησης 18s.</li> <li>• 5 x 200 m. χέρια ελεύθερο με πόδια να εκτελούν δελφινισμούς με αναπνοή σε μορφή πυραμίδας όπως 7 χεριές 1 αναπνοή 9 χεριές 1 αναπνοή κ.ο.κ. (7/1-9/1-11/1-9/1-7/1) με 10s διάλειμμα ανάμεσα σε κάθε 200 m.</li> </ul>

**Πίνακας 5.** Χαρακτηριστικά των περιοχών έντασης της προπόνησης και αναμενόμενη καρδιακή ανταπόκριση, σε αθλητές κολύμβησης ηλικίας 14-15 ετών σύμφωνα με τον Vorontsov (2004).

	Αερόβια προπόνηση		Αερόβια - Αναερόβια προπόνηση		Αναερόβια προπόνηση		
	I	II	IIIa	IIIb	A	B	C
HR	122-143	143-153	153-163	163-173	173-184	184-194	194-204
%HR	60-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100

Αερόβια προπόνηση: προπόνηση που ενεργοποιεί τον αερόβιο μεταβολισμό. Αναερόβια προπόνηση: προπόνηση που ενεργοποιεί τον αναερόβιο μεταβολισμό.

### 3.4.2. Κολυμβητική δοκιμασία αξιολόγησης

Η κολυμβητική δοκιμασία για την αξιολόγηση των 50 m άπνοη και 400 m επιφάνειας περιελάμβανε προθέρμανση, σε κλειστή πισίνα 50 m, συνολικής διάρκειας 30 min. Η θερμοκρασία του νερού ήταν  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$  και του αέρα  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Η προθέρμανση περιελάμβανε απόσταση που δεν ξεπερνούσε τα 2 km με τους αθλητές και των δύο ομάδων (ΠΣΑ-ΑΣΑ) να εκτελούν συγκεκριμένο πρόγραμμα προθέρμανσης (Πίνακας 6).

**Πίνακας 6.** Πρόγραμμα προθέρμανσης για τους αθλητές και των δυο ομάδων (ΠΣΑ και ΑΣΑ) πριν τις αγωνιστικές δοκιμασίες των 50 m άπνοης και 400 m επιφάνειας

- 7-8 min προθέρμανση έξω από το νερό.
- 600 m ελεύθερο και άσκηση πεταλούδα ανά 50 m με πεδύλακια
- 600 m ασκήσεις με μονοπέδιλο χωρίς αναπνευστήρα
- 8 x 50 m 2 επιφάνεια - 2 άπνοη με 10s διάλειμμα (με μονοπέδιλο)
- 400 m κολύμβηση (άπνοια επιφάνειας) με χρήση μιας αναπνοής κάθε 25 m. (με μονοπέδιλο και χωρίς αναπνευστήρα)

Η αξιολόγηση έγινε μεταξύ 11<sup>:30</sup>πμ-13<sup>:30</sup>μμ. (ημέρα Σάββατο) και οι μετέχοντες εκτέλεσαν μια αγωνιστική προσπάθεια στα 50 m άπνοης κολύμβησης και στα 400 m κολύμβηση επιφάνειας τους. Οι δύο αγωνιστικές προσπάθειες έγιναν σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς του αγωνίσματος (CMAS, 2010). Η δοκιμασία των αθλητών στα 50 m

άπνοη έγινε 8 min μετά την προθέρμανση και τα 400 m επιφανείας 8 min μετά τα 50 m άπνοη. Στο διάλειμμα οι αθλητές ξεκουράζονταν εκτός πισίνας με ασκήσεις και κινήσεις ρουτίνας. Για τον καλύτερο έλεγχο των αθλητών, διάρκεια διαλείμματος και χρονομέτρηση της απόστασης καθώς και τη συλλογή δεδομένων, οι αθλητές εκτελούσαν ανά δυο τη προσπάθεια. Κατά την κολύμβηση ανάμεσα στους δυο αθλητές υπήρχε κενό τριών διαδρομών ώστε να μην υπάρχει μεταξύ τους ανταγωνισμός και να μην επηρεάζονται από τον κυματισμό που δημιουργούνταν κατά την κολύμβηση. Οι αθλητές επιλέγονταν με τυχαία σειρά ανεξάρτητα σε ποια ομάδα ανήκαν (ΠΣΑ-ΑΣΑ). Οι τιμές του SpO<sub>2</sub> και της HR συλλέχθηκαν ταυτόχρονα 15s πριν την εκκίνηση και αμέσως μετά τον τερματισμό στα 50 m άπνοης κολύμβησης.

### 3.5. Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δυο παράγοντες (2 μετρήσεις x 2 ομάδες) με ανεξάρτητη μεταβλητή τη μέθοδο προπόνησης (ΠΣΑ-ΑΣΑ) και εξαρτημένες μεταβλητές τις καρδιαγγειακές παραμέτρους (τελοδιαστολικός όγκος, τελοσυστολικός όγκος, όγκος παλμού, κλάσμα εξώθησης, κύμα E προς κύμα A της μιτροειδούς βαλβίδας, μέγιστη ταχύτητα της αορτικής βαλβίδας, πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη διαστολή, πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή, τελοδιαστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας, τελοσυστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας, το οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη συστολή και οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη διαστολή), τη συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (ηλικία, βιολογική ηλικία, προπονητική ηλικία, ανάστημα, σωματικό βάρος, σωματικό λίπος, επιφάνεια σώματος, δείκτη μάζας σώματος, περιφέρεια στήθους στην μέγιστη εισπνοή και εκπνοή, μήκος άνω και κάτω άκρου) και την κινητικότητα άνω και κάτω άκρων.

Ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε τρεις παράγοντες (2 επαναλήψεις x 2 μετρήσεις x 2 ομάδες) χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο των διαφορών στις εξαρτημένες μεταβλητές του κορεσμού οξυγόνου και της καρδιακή συχνότητα. Επιπλέον, ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή τις αρχικές μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική επεξεργασία των επιδόσεων σε 50 και 400 m. Αυτή η επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε διότι παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στις αρχικές μετρήσεις. Χρησιμοποιήθηκε πολλαπλών συγκρίσεων Tukey, για να ελεγχθούν οι διαφορές μεταξύ των επιπέδων κάθε παράγοντα. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε με  $p < 0,05$  και τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή και τυπική απόκλιση (Mean $\pm$ SD).

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο Statistica 10 Software Trial (Stat-Soft Inc, Tulsa, USA).



## Κεφάλαιο 4

### 4. Αποτελέσματα

#### 4.1. Μεταβολές της επίδοσης

Η επίδοση στα 50 m άπνοης κολύμβησης βελτιώθηκε σημαντικά και στις δύο ομάδες μετά από την περίοδο της προπόνησης σε σχέση με τις αρχικές τιμές ( $F_{1,26}=39,0$ ,  $p<0,01$  Πίνακας 7). Η ποσοστιαία βελτίωση που εμφάνισε η ομάδα ΠΣΑ ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την ΑΣΑ (ΠΣΑ:  $-4,7\pm 3,5\%$ , ΑΣΑ:  $-3,1\pm 3,0\%$ ). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των ομάδων ( $p>0,05$ ). Η επίδοση στα 400 m επιφάνειας (Πίνακας 7) βελτιώθηκε σημαντικά και στις δυο ομάδες μετά την περίοδο προπόνησης ( $F_{1,26}=48,7$ ,  $p<0,01$ ). Ωστόσο, η μεταβολή που εμφάνισε η ομάδα με ΠΣΑ ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την ΑΣΑ (ΠΣΑ:  $-6,0\%\pm 3,9\%$  ΑΣΑ:  $-2,8\pm 2,6\%$ ) και παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στα 400 m επιφάνεια ( $F_{1,26}=5,1$ ,  $p<0,05$ ).

**Πίνακας 7.** Μεταβολές της επίδοσης στα 50m άπνοιας και 400m επιφάνειας κολύμβησης σε αθλητές με ΠΣΑ και ΑΣΑ (Mean±Sd)

		Πριν	Μετά	% μεταβολή	<i>P</i> ομάδας	<i>P</i> μεταξύ ομάδων
<b>Επίδοση 50 m άπνοη (sec)</b>						
	ΠΣΑ	22,88±1,9	21,80±1,8	-4,7±3,5	<0,01	<i>NS</i>
	ΑΣΑ	26,88±3,9	26,02±3,5	-3,1±3,0	<0,01	
<b>Επίδοση 400 m επιφάνεια (sec)</b>						
	ΠΣΑ	254,7±18,0	239,4±19,9	-6±3,9	<0,01	<0,05
	ΑΣΑ	275,0±19,0	267,1±15,6	-2,8±2,6	<0,01	

ΠΣΑ: Περιορισμένη Συχνότητα Αναπνοής, ΑΣΑ: Αυτοεπιλεγόμενη Συχνότητα Αναπνοής

#### 4.2. Μεταβολές των καρδιαγγειακών παραμέτρων και της αρτηριακής πίεσης

Από τα αποτελέσματα προκύπτει πως στις καρδιαγγειακές παραμέτρους (EDV, ESV, SV, EF, MV E/A, AV Vmax, LVIDd, LVIDs, LVPWs και LVPWd) δεν εμφανίστηκαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ( $p > 0,05$ , Πίνακας 8). Σε όλες τις παραπάνω μεταβλητές δεν εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ( $p > 0,05$ ). Στατιστικά σημαντική διαφορά εμφανίστηκε μεταξύ των ομάδων στην IVSd ( $F_{1,26}=8,02$ ,  $p < 0,05$ ). Μετά την περίοδο προπόνησης παρατηρήθηκε στην ομάδα με ΠΣΑ μείωση των τιμών στη δεύτερη μέτρηση κατά  $-10,3 \pm 19,4\%$  ενώ στην ομάδα με ΑΣΑ παρατηρήθηκε αύξηση κατά  $+9,0 \pm 15,2\%$ . Επιπλέον, στατιστικά σημαντική διαφορά εμφανίστηκε μεταξύ των ομάδων στην IVSs ( $F_{1,26}= 6,2$ ,  $p < 0,05$ ). Μετά την περίοδο προπόνησης παρατηρήθηκε στην ομάδα με ΠΣΑ μείωση των τιμών στη δεύτερη μέτρηση κατά  $-6,7 \pm 19,0\%$  ενώ στην ομάδα με ΑΣΑ παρατηρήθηκε αύξηση κατά  $+5,1 \pm 7,8\%$ .

Η αρτηριακή πίεση στη συστολή στην ομάδα με ΠΣΑ ( $125,8 \pm 9,1$  έναντι  $125,8 \pm 8,7$ ,  $-0,06 \pm 4,3\%$ ) και στην ΑΣΑ ( $110,0 \pm 9,8$  έναντι  $110,0 \pm 9,8$ , αμετάβλητη) και η αρτηριακή πίεση στη διαστολή (ΠΣΑ:  $74,6 \pm 6,9$  έναντι  $73,2 \pm 5,8$ ,  $-1,9 \pm 16,9\%$ , ΑΣΑ:  $72,9 \pm 6,1$  έναντι  $72,9 \pm 6,1$ , αμετάβλητη) δεν εμφανίστηκαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης ( $p > 0,05$ ).

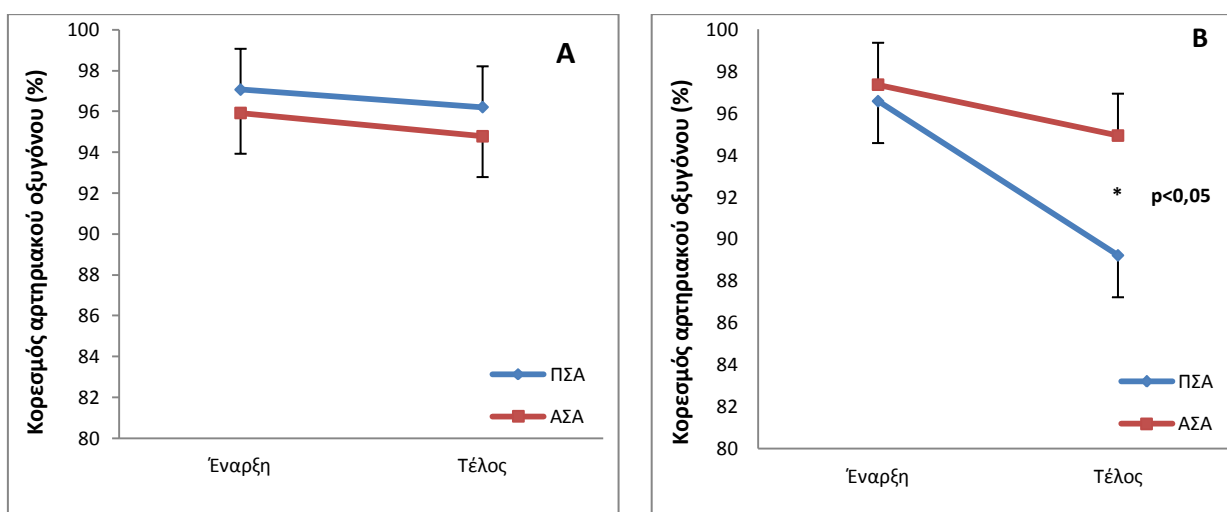
**Πίνακας 8.** Μεταβολές καρδιαγγειακών παραμέτρων αξιολόγησης ανάμεσα στις ομάδες μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης (Mean±Sd).

	Πριν	Μετά	% μεταβολή	P ομάδας	P μεταξύ ομάδων
<b>EDV (ml)</b>					
ΠΣΑ	90,41±22,0	85,21±17,6	-3,5±16,7	NS	NS
ΑΣΑ	101,86±23,5	101,15±32,0	-1,8±16,5	NS	
<b>ESV (ml)</b>					
ΠΣΑ	37,97±13,9	35,51±13,5	-4,9±18,2	NS	NS
ΑΣΑ	32,93±7,1	34,29±11,4	3,0±23,8	NS	
<b>SV (ml)</b>					
ΠΣΑ	52,37±15	53,21±11,4	7,7±34,6	NS	NS
ΑΣΑ	69,07±18,3	66,86±22,8	-4,4±15,1	NS	
<b>EF (%)</b>					
ΠΣΑ	58,21±8,9	53,24±13,9	-7,7±22,8	NS	NS
ΑΣΑ	67,29±4,6	65,88±6,3	-2,1±6,4	NS	
<b>MV E/A (m/sec)</b>					
ΠΣΑ	2,31±0,7	2,09±0,5	0,4±47,9	NS	NS
ΑΣΑ	1,78±0,5	1,70±0,7	-0,3±42,4	NS	
<b>AV Vmax (m/sec)</b>					
ΠΣΑ	1,19±0,1	1,15±0,2	-2,8±17,5	NS	NS
ΑΣΑ	1,13±0,2	1,21±0,2	7,5±9,3	NS	
<b>IVSd (cm)</b>					
ΠΣΑ	0,93±0,2	0,81±0,2	-10,3±19,4	NS	<0,01
ΑΣΑ	0,89±0,2	0,97±0,2	9,0±15,2	NS	
<b>LVIDd (cm)</b>					
ΠΣΑ	4,45±0,3	4,43±0,6	-0,2±14,3	NS	NS
ΑΣΑ	4,71±0,4	4,69±0,5	-0,6±4,6	NS	
<b>LVPWd (cm)</b>					
ΠΣΑ	0,96±0,1	0,88±0,2	-8,1±22	NS	NS
ΑΣΑ	0,92±0,1	0,96±0,2	3,1±8,2	NS	
<b>IVSs (cm)</b>					
ΠΣΑ	1,33±0,2	1,21±0,2	-6,7±19,0	NS	<0,01
ΑΣΑ	1,41±0,3	1,48±0,3	5,1±7,8	NS	
<b>LVIDs (cm)</b>					
ΠΣΑ	2,90±0,5	2,93±0,7	1,0±18,9	NS	NS
ΑΣΑ	2,94±0,4	3,03±0,4	3,2±6,6	NS	
<b>LVPWs (cm)</b>					
ΠΣΑ	1,66±0,6	1,46±0,2	-6,3±22,1	NS	NS
ΑΣΑ	1,40±0,2	1,52±0,4	8,5±15,8	NS	

EDV: Τελοδιαστολικός όγκος, ESV: Τελοσυστολικός όγκος, SV: Όγκος παλμού, EF: Κλάσμα εξώθησης, MV E/A: Κύμα E προς κύμα A, AV Vmax: Μέγιστη ταχύτητα αορτικής βαλβίδας, IVSd: Πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη διαστολή, IVSs: Πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή, LVIDd: Τελοδιαστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας, LVIDs: Τελοσυστολική διάμετρος της αριστερής κοιλίας, LVPWs: Οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη συστολή, LVPWd: Οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας κατά τη διαστολή. \* Σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και αρχικών - τελικών μετρήσεων.

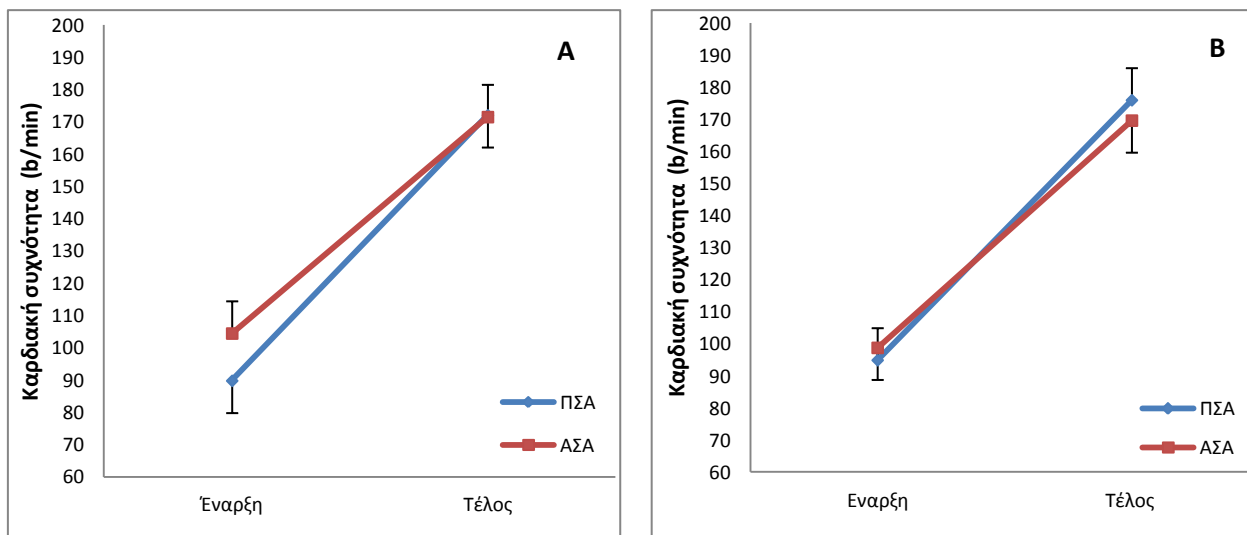
#### 4.3. Μεταβολές στον κορεσμό αρτηριακού οξυγόνου και την καρδιακή συχνότητα

Ο κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου (Σχήμα 2) στο τέλος της προσπάθειας 50 m άπνοιας κολύμβησης παρέμεινε αμετάβλητος σε σχέση με τις τιμές στην έναρξη της προσπάθειας και στις δύο ομάδες ( $p > 0,05$ ). Ωστόσο, αυτό παρατηρήθηκε μόνο στην μέτρηση πριν από την έναρξη της προπόνησης. Μετά από την περίοδο προπόνησης εμφανίστηκε σημαντική μείωση του κορεσμού οξυγόνου και στις δύο ομάδες και αυτή η μείωση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα ΠΣΑ ( $-7,3 \pm 3,4\%$ ) σε σχέση με την ΑΣΑ ( $-2,5 \pm 1,6\%$ ;  $F_{1,26}=9,2$ ,  $p < 0,05$ ).



**Σχήμα 2.** Αριστερά αναπαρίστανται οι μεταβολές στον κορεσμό αιμοσφαιρίνης στις δυο ομάδες 50 m άπνοιας κολύμβησης πριν από την έναρξη της περιόδου προπόνησης (Α), δεξιά μετά από την περίοδο των 16 εβδομάδων προπόνησης (Β).

Η καρδιακή συχνότητα δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων και δεν εμφάνισε μεταβολή μετά από την περίοδο προπόνησης ( $F_{1,26}=0,031$ ,  $p > 0,05$ ), ούτε αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδων και μετρήσεων ( $p > 0,05$ ). Ωστόσο, η ομάδα ΠΣΑ εμφάνισε τάση για υψηλότερες τιμές στις τελικές μετρήσεις σε σύγκριση με τις αρχικές (ομάδα x μετρήσεις,  $F_{1,26}=4,37$ ,  $p < 0,05$ , Σχήμα 3).



**Σχήμα 3.** Μεταβολές της καρδιακή συχνότητας πριν και μετά από την προσπάθεια 50 m άπνοης κολύμβησης πριν από την έναρξη της περιόδου προπόνησης (Α) και μετά από 16 εβδομάδες προπόνηση (Β).

#### 4.4. Μεταβολές στις ανθρωπομετρικές παραμέτρους

Στις ανθρωπομετρικές παραμέτρους (Πίνακας 9) δεν εμφανίστηκε καμιά μεταβολή μεταξύ των δυο μετρήσεων ( $p > 0,05$ ) ούτε εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ( $p > 0,05$ ). Η παράμετρος κινητικότητα άνω άκρων εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $F_{1,26}=4,7$ ,  $p < 0,05$ ) στην ομάδα με ΠΣΑ μεταξύ των δύο μετρήσεων ( $-7,2 \pm 12,9\%$ ), ενώ οι αντίστοιχες τιμές στην ομάδα με ΑΣΑ παρέμεινε αμετάβλητη. Μεταξύ των ομάδων εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη κινητικότητα άνω άκρων ( $F_{1,26}=4,7$ ,  $p < 0,05$ ).

**Πίνακας 9.** Αποτελέσματα ανθρωπομετρικών και μορφολογικών παραμέτρων αξιολόγησης ανάμεσα στις δύο ομάδες μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης (Mean±Sd).

	Πριν	Μετά	% μεταβολή	<i>P</i> ομάδας	<i>P</i> μεταξύ ομάδων
<b>Ηλικία (έτη)</b>					
ΠΣΑ	15,8±0,9	15,8±0,9	-	NS	NS
ΑΣΑ	15,4±1,4	15,4±1,4	-	NS	
<b>Βιολογική ηλικία</b>					
ΠΣΑ	3,2±0,5	3,2±0,5	-	NS	NS
ΑΣΑ	3,1±0,6	3,1±0,6	-	NS	
<b>Προπονητική ηλικία (έτη)</b>					
ΠΣΑ	3,7±1,6	3,7±1,6	-	NS	NS
ΑΣΑ	3,4±0,7	3,4±0,7	-	NS	
<b>Ανάστημα (cm)</b>					
ΠΣΑ	166,9±8,0	167,7±7,7	0,6±4,2	NS	NS
ΑΣΑ	166,8±8,9	167,3±9,3	0,2±2,2	NS	
<b>Σωματικό βάρος (kg)</b>					
ΠΣΑ	59,1±10,0	59,2±9,5	-3,5±3,7	NS	NS
ΑΣΑ	56,7±8,2	56,8±8,0	1,6±10,3	NS	
<b>Σωματικό λίπος (%)</b>					
ΠΣΑ	11,8±4,5	11,3±4,0	-0,7±4,7	NS	NS
ΑΣΑ	10,6±2,5	10,5±2,2	2,5±8,0	NS	
<b>Δίκτης Μάζας Σώματος (kg/m<sup>2</sup>)</b>					
ΠΣΑ	21,1±2,7	21,0±2,7	1,0±4,3	NS	NS
ΑΣΑ	20,3±1,8	20,2±1,8	0,5±2,1	NS	
<b>Επιφάνεια Σώματος (m<sup>2</sup>)</b>					
ΠΣΑ	1,4±0,3	1,4±0,3	0,8±4,6	NS	NS
ΑΣΑ	1,3±0,3	1,3±0,3	0,5±2,1	NS	
<b>Κινητικότητα κάτω άκρων (cm)</b>					
ΠΣΑ	25,6±1,8	26,0±1,9	2,2±10,4	NS	NS
ΑΣΑ	24,4±3,3	24,9±3,2	2,0±2,8	NS	
<b>Κινητικότητα άνω άκρων (cm)</b>					
ΠΣΑ	90,9±2,3	84,0±11,4	-7,5±12,9	<0,05	<0,05
ΑΣΑ	41,6±8,9	41,6±8,9	-	NS	
<b>Περιφέρεια θώρακος στην μέγιστη εισπνοή (cm)</b>					
ΠΣΑ	87,4±3,6	88,7±5,3	1,3±7,0	NS	NS
ΑΣΑ	79,4±10,0	80,1±9,9	0,6±0,9	NS	
<b>Περιφέρεια θώρακος στην μέγιστη εκπνοή (cm)</b>					
ΠΣΑ	78,6±4,0	79,9±5,7	1,8±8,4	NS	NS
ΑΣΑ	71,3±9,9	71,4±9,9	-0,1±0,9	NS	
<b>Μήκος άνω άκρου (cm)</b>					
ΠΣΑ	68,3±7,6	68,3±7,7	0,1±3,1	NS	NS
ΑΣΑ	65,4±8,2	65,6±8,5	0,3±0,6	NS	
<b>Μήκος κάτω άκρου (cm)</b>					
ΠΣΑ	92,3±3,9	92,3±4,1	0,1±2,3	NS	NS
ΑΣΑ	76,7±11,7	76,9±11,9	0,3±0,5	NS	

## Κεφάλαιο 5

### 5. Συζήτηση

5.1. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στη βελτίωση της απόδοσης

Βάση των αποτελεσμάτων της μελέτης καταδεικνύεται σημαντική βελτίωση της απόδοσης των αποτελεσμάτων και στις δυο ομάδες (ΠΣΑ και ΑΣΑ) στις δοκιμασίες των 50 m άπνοης και 400 m επιφάνεια. Για τα 50 m άπνοης κολύμβησης χρειάστηκε από την ομάδα ΠΣΑ μέσος χρόνος ~21s και από την ομάδα ΑΣΑ ~26s. Στο μέσο χρονικό διάστημα των 21-26s οι αθλητές ενεργοποίησαν για την παραγωγή ενέργειας κατά 20% τον αναερόβιο μη γλυκολυτικό μηχανισμό (ATP-CP), 60% τον αερόβιο γλυκολυτικό μηχανισμό και τέλος τον κατά 20% τον αερόβιο μεταβολισμό. Για τα 400 m επιφάνειας κολύμβησης χρειάστηκε από την ομάδα ΠΣΑ μέσος χρόνος ~4 min και από την ομάδα ΑΣΑ ~4,30 min. Στο μέσο χρονικό διάστημα των 4-4,30 min οι αθλητές ενεργοποίησαν για την παραγωγή ενέργειας κατά 35% τον αναερόβιο γλυκολυτικό και κατά 65% τον αερόβιο μεταβολισμό (Maglischo, 2003).

Στη πραγματοποίηση των 50 m άπνοης ο πνευμονικός αερισμός είναι μηδενικός και κατά συνέπεια η μερική τάση του  $O_2$  ( $PO_2$ ) στο αρτηριακό αίμα αναμένεται να είναι πολύ χαμηλή ή ακόμα και μηδενική γεγονός που συνεπάγεται ιστική υποξία σε άλλοτε άλλο βαθμό στους δραστήριους μύες. Στα 400 m επιφάνειας η κατάσταση σε ότι αφορά τον πνευμονικό αερισμό και κατά συνέπεια τη  $PO_2$  στο αρτηριακό αίμα αναμένεται να είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τα 50 m και συνεπώς η ιστική υποξία σε επίπεδο εργαζομένων μυών να είναι καλύτερη.

Η άσκηση με υποαερισμό εμφανίζει αύξηση του  $CO_2$  στο αρτηριακό αίμα (Miyasaka & Suzuki, 2002) και η χρήση ΠΣΑ σύμφωνα με τον Villien και συνεργάτες (2005), σε διάστημα προπόνησης 2 μηνών, μειώνει το αίσθημα για αναπνοή κατά την διάρκεια της

κολύμβησης. Σύμφωνα με τον Taneja και συνεργάτες (2010), παρατήρησαν σε μια μέτρηση και χωρίς προηγούμενη παρέμβαση, πως ο μηχανισμός βελτίωσης της ικανότητας άσκησης με ΠΣΑ είναι αποτέλεσμα που επέρχεται με μακρόχρονη προσαρμογή στην οποία μειώνεται η παρασυμπαθητική λειτουργία που ενεργοποιεί την ανάγκη για αναπνοή. Η ηλικία και η προπόνηση με ΠΣΑ είναι παράμετροι που επηρεάζουν την περιφερική χημειοανακλαστική διέγερση που συμβάλει στην αναπνοή με αυξημένο CO<sub>2</sub>. Η διέγερση αυτή λόγω προσαρμογής οδηγεί σε ενεργοποίηση του συμπαθητικού. Η μείωση αυτή συντελεί στην μεγαλύτερη ικανότητα για δυναμική άπνοια (Alentejano et al., 2010) και ως εκ τούτου στην πιο οικονομική συχνότητα αναπνοής κατά την διάρκεια της εκτέλεσης δελφινισμών.

Το πρόγραμμα παρέμβασης στη μελέτη μας αποτελούνταν από διαλειμματική άσκηση υπομέγιστης έντασης. Τα ευρήματα της μελέτης μας συμφωνούν με αυτά του Mizuno και των συνεργατών του (1990), που εφάρμοσαν βραχυπρόθεσμο πρόγραμμα άσκησης σε υψόμετρο με διαλειμματική μέθοδο προπόνησης με μειωμένη συχνότητα αναπνοής σε υπομέγιστες εντάσεις και παράλληλα παρατήρησαν ότι προκαλεί υψηλότερες συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα των αθλητών σε σύγκριση με την κανονική συχνότητα αναπνοής στην προπόνηση. Αυτό το είδος άσκησης είναι παράμετρος που, σύμφωνα με τον Karlsson και τους συνεργάτες του (1975), εμφανίζει βελτίωση στη νευρομυϊκή συναρμογή και την αυξημένη ροή αίματος στους μύες που εργάζονται. Στην τεχνική κολύμβηση οι μύες που παράγουν έργο για την προώθηση του αθλητή είναι κυρίως οι μύες των κάτω άκρων. Ο αθλητής μέσω μιας δελφινοειδούς κίνησης που ξεκινάει από την οσφυϊκή χώρα και με μια μαστιγωτή κίνηση του κάτω άκρου καταλήγει μέσω της παιδοκομικής άρθρωσης στο μονοπέδιλο του αθλητή (Gautier et al., 2004). Σύμφωνα με τους Gollnik και Hermansen (1973), όταν η άσκηση εκτελείται από τα κάτω άκρα η παραγωγή γαλακτικού είναι υψηλότερη σε σχέση με άσκηση που εκτελείται από τα άνω άκρα σε ίδιες συνθήκες άσκησης (ένταση, θερμοκρασία κ.α.). Είναι γεγονός πως στην μελέτη μας δεν εξετάστηκε η συγκέντρωση γαλακτικού όμως κατά



την διάρκεια των 400 m επιφάνειας κολύμβησης ενεργοποιείται σε μεγάλο βαθμό η αναερόβια γλυκόλυση. Εξ' αιτίας της συστηματικής χρήσης των κάτω άκρων στην τεχνική κολύμβηση είναι πιθανόν να αυξήθηκε η συγκέντρωση γαλακτικού στην προπόνηση με ΠΣΑ και αυτό να προκάλεσε αύξηση στην ικανότητα εξουδετέρωσης του γαλακτικού. Μελέτες υποστηρίζουν πως η περιορισμένη συχνότητα αναπνοής δεν επηρεάζει την εμφάνιση γαλακτικού (Town, & Vannes, 1990; West et al., 2005), ενώ άλλες μελέτες, αναφέρουν πως σε άτομα τα οποία εξετάστηκαν σε άσκηση με ΠΣΑ εμφανίστηκε υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως το είδος αυτό της άσκησης απεικονίζει μια αυξημένη συμβολή της αναερόβιας γλυκόλυσης. Σύμφωνα με τον Woorgons και τους συνεργάτες του (2010), αυτή η μορφή προπόνησης θα μπορούσε να βοηθήσει να βελτιωθεί ή να διατηρηθεί η αναερόβια ικανότητα διότι με αυτή τη μορφή άσκησης καθυστερεί η εμφάνιση του γαλακτικού στους μύες που ασκούνται. Ο Joulia και οι συνεργάτες του (2003), παρατήρησαν μετά από 3 μήνες προπόνηση με ΠΣΑ και αξιολόγηση με δυναμική άπνοια μικρότερη συγκέντρωση γαλακτικού και το ερμήνευσαν ως συνέπεια της βραδυκαρδίας που προκαλείται από τέτοιου είδους προπόνηση, και είναι πιθανό να μειώνει την παροχή αίματος στους μύες, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αναερόβιος μεταβολισμός περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο την παραγωγή γαλακτικού. Τα διαφορετικά ευρήματα από τις μελέτες πιθανόν να οφείλονται στα διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης που εφαρμόστηκαν (ένταση, διάρκεια παρέμβασης, μυϊκές ομάδες άσκησης κ.α) στις διάφορες μελέτες.

Η μεγαλύτερη βελτίωση που παρουσιάστηκε στην ομάδα με ΠΣΑ στα 400 m επιφάνειας κολύμβησης πιθανόν να ερμηνεύεται από τη βελτίωση της ικανότητας για άσκηση σε συνθήκες υποαερισμού ή σε μειωμένη ανάγκη για αναπνοή (λιγότερες αναπνοές στη διάρκεια της προσπάθειας) γεγονός που είναι πιθανό να διευκολύνει τη διατήρηση σταθερής τεχνικής και σε αυξημένη ικανότητα εξουδετέρωσης του γαλακτικού. Σύμφωνα με τον Woorgons και τους συνεργάτες του (2007), οι προσαρμογές που υφίστανται οι αθλητές κατά

την άσκηση με ασκήσεις εκούσιου υποαερισμού σχετίζονται με προσαρμογές παρόμοιες με αυτές που εμφανίζονται στο υψόμετρο. Στη μελέτη μας η συνολική έκθεση των αθλητών σε συνθήκες υποξίας ήταν 40-45 min σε κάθε προπονητική μονάδα. Η χρονική αυτή διάρκεια εάν θέλαμε να την υπολογίσουμε στο σύνολο των 16 εβδομάδων και των 6 προπονήσεων ανά εβδομάδα για τον κάθε αθλητή θα προέκυπτε ένα χρονικό σύνολο διάρκειας ~3 ημερών (72h). Ωστόσο, αυτό δεν μπορεί να συσχετιστεί με τους αθλητές που προπονούνται σε υψόμετρο λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας υποξικής προπόνησης ανά ημέρα καθώς και την φυσιολογική αναπνοή σε περιεκτικότητα O<sub>2</sub> (21%) κατά την υπόλοιπη διάρκεια ημέρας σε μηδενικό υψόμετρο. Εντούτοις, εάν θέλαμε να παραλληλίσουμε της μεταβολές αυτές που εμφάνισαν οι αθλητές μας με ΠΣΑ θα πρέπει να δούμε τη δράση της υποξίας υψομέτρου. Η υποξία υψομέτρου, που εμφανίζει υποξαιμία, προκαλεί ορμονική έκκριση της ερυθροποιητίνης (EPO) που διεγείρει τον σχηματισμό ερυθροκυττάρων (RBC) και αιμοσφαιρίνης (Hb), την αύξηση των μιτοχονδρίων καθώς και την αύξηση του δικτύου των τριχοειδών αγγείων. Αυτές οι μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα την καλύτερη δέσμευση O<sub>2</sub> από τους μύες κατά την άσκηση και την γρηγορότερη απομάκρυνση CO<sub>2</sub>. Αποτέλεσμα της περιόδου παρέμβασης ήταν η ομάδα με ΠΣΑ να βελτιώσει τα 400 m επιφάνειας κολύμβησης κατά 6% ενώ η ομάδα με ΑΣΑ κατά 2,8%. Μελέτη του Czuba και των συνεργατών του (2011), αναφέρουν βελτίωση κατά 2% στην αερόβια ικανότητα σε διάστημα 4 εβδομάδων σε υποξία υψομέτρου.

Η αερόβια ικανότητα των αθλητών που προπονούνται στο υψόμετρο βελτιώνεται επίσης και από το 2-3-διφωσφογλυκερικό οξύ (2-3-DPG), δείκτης που ερμηνεύει την μετατόπιση της καμπύλης κορεσμού της αιμοσφαιρίνης προς τα δεξιά. Η αύξηση της 2-3-DPG που εμφανίζεται σε καταστάσεις υποξίας, μετατοπίζει την καμπύλη κορεσμού της αιμοσφαιρίνης προς τα δεξιά και αυξάνει την παράδοση O<sub>2</sub> στους ιστούς αντισταθμίζοντας έτσι τη χαμηλότερη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης στο αίμα (Hespel et al., 1988). Η 2-3-DPG

έχει παρατηρηθεί να αυξάνεται ύστερα από άσκηση σε υψόμετρο τόσο σε ενήλικες όσο και έφηβους αθλητές (Son et al., 2012). Ο Son και οι συνεργάτες του (2012), παρατήρησαν σημαντική αύξηση της ικανότητας μεταφοράς  $O_2$ , παρά τη μειωμένη παραγωγή EPO (-31%) μετά από προπόνηση σε υψόμετρο (2700 m) για 5 εβδομάδες. Οι συγκεντρώσεις των RBC, Hb, αιματοκρίτη και 2-3-DPG αυξήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της έκθεσης στο υψόμετρο και μετά την επιστροφή στο επίπεδο της θάλασσας. Στην παρούσα μελέτη η συνολική διάρκεια υποξικής έκθεσης ήταν μικρή (72 ώρες). Ωστόσο, το συχνό υποξικό ερέθισμα είναι πιθανό να αύξανε προσωρινά στη διάρκεια της προπόνησης τη συγκέντρωση της 2-3-DPG με επακόλουθο την αυξημένη απόδοση  $O_2$  από την αιμοσφαιρίνη στους ιστούς. Κάτι τέτοιο είναι πιθανό να αυξήσει την ικανότητα μεταφοράς  $O_2$  επιτρέποντας καλύτερη διατήρηση της έντασης στην προσπάθεια των 400 m και κατά συνέπεια καλύτερη επίδοση. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεταβολές στην 2-3-DPG δεν επιβεβαιώνονται σε όλες τις μελέτες και η μετατόπιση της καμπύλης κορεσμού  $O_2$  μπορεί να μην οφείλεται αποκλειστικά σε αιματολογικούς παράγοντες (Weight et al., 1992).

5.2. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στις καρδιακές παραμέτρους

Τα ευρήματα της μελέτης μας εμφάνισαν μεταβολές, μεταξύ των ομάδων στις αρχικές και τελικές μετρήσεις στο IVSs και IVSd. Η παράμετρος (IVS) αποτυπώνει το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή και διαστολή αντίστοιχα και αντικατοπτρίζει τις μακροχρόνιες προσαρμογές που υφίσταται το μυοκάρδιο από την άσκηση. Από τα αποτελέσματα παρατηρήσαμε στην ομάδα με ΠΣΑ μείωση του IVSs κατά 7% και του IVSd κατά 10% ενώ αντίθετα στην ομάδα με ΑΣΑ αύξηση των τιμών του IVSs κατά 5,1% και 9% αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα με της ομάδα με ΑΣΑ κατέγραψε ο Sharma και οι συνεργάτες του (2008) σε αθλητές ηλικίας 14-18 ετών με αύξηση του IVS κατά 5%, ενώ ο Triposkiadis και οι συνεργάτες του (2002), παρατήρησαν αυξητική τάση στο μεσοκοιλιακό

διάφραγμα σε κολυμβητές ηλικίας 12 ετών. Η αύξηση του πάχους στο τοίχωμα της LV είναι μια φυσιολογική προσαρμογή της άσκησης που χαρακτηρίζεται από υπερτροφία του μυοκαρδίου και σχετίζεται με την προπονητική ηλικία του αθλητή, την επιφάνεια σώματος και την επαναλαμβανόμενη άσκηση για μεγάλο χρονικό διάστημα (Kampmann et al., 2000; Venckunas et al., 2008). Η προσαρμογή του μυοκαρδίου που εμφανίζει υπερτροφία, αφορά το ελεύθερο τοίχωμα της LV, όπου δηλαδή εμφανίζεται συμμετρική υπερτροφία (Triposkiadis et al., 2002). Τα φυσιολογικά όρια σε αθλητές >12 ετών που προπονούνται συστηματικά αναφέρονται για το IVS στα 1,2-1,3 cm και <1,2 cm για να μην υπάρχει παθολογική υπερτροφία. Στα όρια αυτά προκύπτει μια γκριζα ζώνη που τείνει προς την υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια με τιμές μεταξύ του 1,3-1,6 cm (Παγκουρέλιας, 2011). Οι μέσες τιμές του IVS (συστολής και διαστολής) που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη είναι εντός των φυσιολογικών ορίων και για τις δύο ομάδες πριν και μετά την περίοδο προπόνησης (ΠΣΑ: πριν  $1,13 \pm 0,3$  μετά  $1,01 \pm 0,29$  cm; ΑΣΑ: πριν  $1,15 \pm 0,34$  μετά  $1,22 \pm 0,36$  cm) παρόλο που παρατηρήθηκε αύξηση ή μείωση των τιμών σε ΑΣΑ και ΠΣΑ αντίστοιχα μετά από την περίοδο προπόνησης. Η διακοπή της άσκησης για διάστημα 2-3 μήνες μπορεί να επιφέρει μείωση στο πάχος των τοιχωμάτων 2-5 mm όπως προκύπτει από την υπερτροφία που είναι αποτέλεσμα της άσκησης (Γεωργακόπουλος και Τόλης, 2007).

Η υποξαιμία συχνά περιγράφεται σαν χαμηλή  $PaO_2$  ή  $SpO_2$  με πιο συχνή αιτία την άπνοια και οφείλεται κατά κύριο λόγο σε δυσκολία στην εξασφάλιση φυσιολογικών επιπέδων  $PaO_2$  ή  $SpO_2$  με αποτέλεσμα την κυτταρική υποξία (Barcroft, 1946). Η φυσιολογικά αναμενόμενη τιμή εξαρτάται από την ηλικία και υπολογίζεται κατά προσέγγιση από τον τύπο:  $PaO_2$  (mmHg) =  $102 - [0,33 \times (\text{Ηλικία σε έτη})]$ . Σε έρευνες έχει παρατηρηθεί πως η άπνοια που συνοδεύεται από υποξαιμία, προκαλεί διαστολή της LV χωρίς ωστόσο να υπάρχει μεταβολή στη καρδιακή παροχή και τον SV (Pingitore et al., 2008) ενώ μείωση της ΚΣ παρατηρείται σε άσκηση στατικής άπνοιας, λόγω αυξημένης παρασυμπαθητικής λειτουργίας (Lemaître et al.,

2008) και μείωση της ΚΣ στη δυναμική άπνοια, λόγω μακρόχρονης και συστηματικής προπόνησης (Julia et al., 2003). Σε μελέτη του Tocco και των συνεργατών του (2012), παρατηρήθηκε μείωση του SV στην εκούσια άπνοια που προέρχονταν ύστερα από υπομέγιστης έντασης άσκηση. Αντίθετα, έχει παρατηρηθεί σε μελέτες πως το κράτημα της αναπνοής και ειδικότερα στη δυναμική άπνοια, σχετίζεται με την αύξηση της ΚΣ, του SV, EDV, ESV και τη μείωση της μέσης αρτηριακής πίεσης (Woorons et al., 2007; Marabotti, et al., 2009; Woorons et al., 2011). Οι παραπάνω μελέτες περιγράφουν τις άμεσες ανταποκρίσεις της άσκησης με ΠΣΑ αλλά δεν είναι γνωστό εάν μπορεί ο περιορισμός αυτός να προκαλέσει προσαρμογές στη μορφολογία του μυοκαρδίου ύστερα από μακρόχρονη έκθεση σε υποξία όπως συμβαίνει στο υψόμετρο.

Το μυοκάρδιο επηρεάζεται από τη μέθοδο προπόνησης, την ημερολογιακή και προπονητική ηλικία του αθλητή (Dayan et al., 2005) με αποτέλεσμα όλα αυτά να επιδρούν καθοριστικά στο καρδιακό έργο και τη λειτουργική απόδοση του μυοκαρδίου καθώς αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του, όπως το πάχος των τοιχωμάτων των κοιλιών και το μέγεθος των κοιλοτήτων τους. Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών πιθανόν να οφείλονται σε διαφορετικά πρωτόκολλα στα οποία ωστόσο, εξετάζονται οι άμεσες ανταποκρίσεις της άσκησης. Η διαφοροποίηση στα ευρήματα των παραπάνω ερευνών με την παρούσα μελέτη παρατηρείται στο πρωτόκολλο ΠΣΑ.

Παρατηρήσαμε μείωση του IVS στην ομάδα που ακολούθησε ΠΣΑ. Η περιορισμένη συχνότητα αναπνοής εμφανίζει αντίστροφα αποτελέσματα του μηχανισμού Frank-Starling στην ομάδα με ΠΣΑ. Η εκούσια περιορισμένη συχνότητα της αναπνοής προκαλεί αύξηση της ΚΣ και μείωση της περιφερειακής αντίστασης (Pinna et al., 2005), ενώ η μακρόχρονη άσκηση με ΠΣΑ όπως η στατική άπνοια στη yoga, εμφανίζει μείωση της ΚΣ κατά την άσκηση (Devasena και Narhare, 2011). Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρατηρούμε

μια αδυναμία να βρούμε διαφορές στις περισσότερες καρδιακές παραμέτρους γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι οι αθλητές ήταν ήδη καλά προπονημένοι και δεν αναμένονταν περισσότερες προσαρμογές.

Η χρήση της μεθόδου M-mode για την καταγραφή των διαστάσεων του μυοκαρδίου εμφανίζει συχνά κατά την χρήση της σφάλματα στη μέτρηση της LV (Barbier et al., 2011) όπως η γωνία λήψης της εικόνας και του σημείου αρχής-τέλους μέτρησης της διάστασης. Το σφάλμα αναφέρεται σε μετρήσεις ηλικιωμένων και ασθενών με παχυσαρκία ύστερα από υπερηχοκαρδιογραφική εξέταση και σύγκριση της με μαγνητική τομογραφία (Stollberger, et al., 1996; Foppa et al., 2005). Το σφάλμα μέτρησης στο πάχος τοιχώματος εμφανίζεται με διαφορά της τάξης του 7% στον παραπάνω πληθυσμό (Stollberger, et al., 1996) ενώ σε αθλητές έχει παρατηρηθεί πως η υπερηχοκαρδιογραφική εξέταση εμφανίζει μικρότερες διαστάσεις στις κοιλίες και μεγαλύτερο πάχος των τοιχωμάτων σε σύγκριση με την μαγνητική τομογραφία (Prakken et al., 2012). Ωστόσο, οι δύο ομάδες εμφάνισαν αντίστροφες μεταβολές μετά την περίοδο προπόνησης και μόνο στην παράμετρο IVS κάτι που δεν δικαιολογείται από σφάλμα στη μέτρηση.

Η μείωση του IVS στην άσκηση με υποαερισμό που εκτέλεσε η ομάδα με ΠΣΑ πιθανόν να ερμηνεύεται από τον ίδιο μηχανισμό που επιδρά στην μείωση της μυϊκής μάζας (Hoppele et al., 2001) σε καταστάσεις υποξίας υψομέτρου. Ο μηχανισμός αυτός επιδρά στη μειωμένη πρωτεϊνοσύνθεση που εμφανίζεται σε συνθήκες υποξίας υψομέτρου και οδηγεί σε μείωση του πάχους του μυοκαρδίου (Holloway et al., 2011) μέσα από ένα μηχανισμό δράσης όπου τα κύτταρα που βρίσκονται σε κατάσταση υποξίας περιορίζουν τη λειτουργία των μιτοχονδρίων όπως συμβαίνει και με τους σκελετικούς μύες (Murray, 2009). Αυτό συμβαίνει γιατί η ανθεκτικότητα των ιστών στην υποξία είναι διαφορετική. Οι νευρώνες του εγκεφαλικού φλοιού είναι οι πλέον ευαίσθητοι και μαζί με τα κύτταρα του μυοκαρδίου οι πιο σημαντικοί. Οι ανάγκες του μυοκαρδίου για συνεχή παροχή ATP είναι ιδιαίτερα έντονες σε

σχέση με άλλα όργανα λόγω της συνεχούς μηχανικής του λειτουργίας με αποτέλεσμα τα καρδιομυοκύτταρα να έχουν πολύ μεγαλύτερο αριθμό μιτοχονδρίων. Το ιδιαίτερο αυτό χαρακτηριστικό καθιστά τον καρδιακό ιστό πολύ απαιτητικό σε συνεχή παροχή  $O_2$  και ιδιαίτερα ευάλωτο στις επιπτώσεις της υποξίας. Η υποξία επιδρά στα καρδιομυοκύτταρα και τους νευρώνες με διακοπή στην ειδική κυτταρική λειτουργία με την ηλεκτρική τους δραστηριότητα (Πέτρου και Χριστοφορίδης, 2006). Ωστόσο, αυτές οι δυσμενείς συνέπειες της υποξίας έχουν παρατηρηθεί μετά από παραμονή 30 ημερών έως και 2 μήνες σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 2700m (Hoppeler et al., 2001; Chen et al., 2012) ενώ δεν υπάρχουν αναφορές που να επιβεβαιώνουν ή να αναιρούν ότι κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί όταν η υποξία συμβαίνει κατά τη διάρκεια της άσκησης και για μεγάλο χρονικό διάστημα (4 μήνες) σε επίπεδο θαλάσσης.

5.3. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στον κορεσμό αρτηριακού οξυγόνου και την καρδιακή συχνότητα

Από τα ευρήματα της παρούσας μελέτης παρατηρήθηκε πως μετά την περίοδο προπόνησης η ομάδα με ΠΣΑ εμφάνισε τάση για αυξημένη ΚΣ μετά τα 50 m άπνοης κολύμβησης που πιθανό να σημαίνει υψηλότερη ένταση προσπάθειας και αυτό μπορεί να δικαιολογεί την χαμηλότερη τιμή του  $SpO_2$ . Σύμφωνα με τον Telles και συνεργάτες (2011), το κράτημα της αναπνοής επηρεάζει τις λειτουργίες του εγκεφάλου. Η άσκηση με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής είναι μια λειτουργία που ενεργοποιεί το παρασυμπαθητικό σύστημα και ιδιαίτερα το πνευμονογαστρικό νεύρο το οποίο νευρώνει τους πνεύμονες. Τα σήματα που μεταφέρονται μέσω του πνευμονογαστρικού νεύρου όταν ο αθλητής εμφανίζει κατά την άσκηση υποαερισμό, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει μείωση του κορεσμού οξυγόνου ( $SpO_2 < 90\%$ ), διεγείρουν τους κεντρικούς χημειοϋποδοχείς του στελέχους. Το αυξημένο  $CO_2$  στο αρτηριακό αίμα ελαττώνει το pH ( $< 7,4$ ) και μετατοπίζει τη καμπύλη κορεσμού της αιμοσφαιρίνης προς τα δεξιά με αποτέλεσμα να αυξάνεται η

συχνότητα και το εύρος της αναπνοής ώστε να επανέλθει μέσω της διαδικασίας του υπεραερισμού στα φυσιολογικά επίπεδα (pH 7,4, SpO<sub>2</sub> >96%). Η αύξηση της συχνότητας αναπνοής είναι αποτέλεσμα ανάγκης για O<sub>2</sub> στους ιστούς και απέκκρισης CO<sub>2</sub>. Η συχνότητα αναπνοής σύμφωνα με τους Hansen και Koerppen (2002) αυξάνεται γραμμικά με τη καρδιακή συχνότητα.

Η αναπνοή σχετίζεται με την αυξημένη ανάγκη παροχής O<sub>2</sub> στους μύες κατά τη διάρκεια της άσκησης και η ΠΣΑ εμφάνισε μείωση του κορεσμού (SpO<sub>2</sub> 89%) που αντιστοιχεί σε πτώση της PO<sub>2</sub>, στα 60 mmHg (Wagner et al., 2007), είχε ως αποτέλεσμα το ερέθισμα από τους κεντρικούς χημειουποδοχείς να αναγκάσει την διακοπή του παρατεταμένου κρατήματος της αναπνοής ώστε να αυξηθεί ο κυψελιδικός αερισμός και να επανέλθει η SpO<sub>2</sub> στα φυσιολογικά επίπεδα (100% SpO<sub>2</sub> ή 97,5 mmHg PO<sub>2</sub>). Η ομάδα με ΠΣΑ λόγω του εκούσιου περιορισμού της αναπνοής κατά την άσκηση εμφάνιζε αυξημένη συχνότητα αναπνοής στα διαλλείματα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (έλεγχος με παρατήρηση). Η αυξημένη συχνότητα αναπνοής οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στο αρτηριακό αίμα και στην διαδικασία απομάκρυνσης του (Town, & Vanness, 1990; Lemaitre et al., 2009). Η δυσκολία στην αναπνοή όπως παρατηρήθηκε στην ομάδα με ΠΣΑ κατά την περίοδο του παρεμβατικού σετ χαρακτηρίζονταν από βήχα κατά τη διάρκεια της έντονης κολύμβησης γεγονός που υποδήλωνε μια κατάσταση ασφυξίας που προκαλείται σε συνθήκες υποξαιμίας και υποαερισμού.

Έχει παρατηρηθεί πως η χρήση ΠΣΑ κατά την άσκηση προκαλεί αύξηση του ταχέως εκπνεόμενου όγκου αέρα σε 1s (FEV<sub>1</sub>) κατά 4-8% (Santaella et al., 2011; Mullur et al., 2012), ανάλογα με τη διάρκεια παρέμβασης και αυτό πιθανόν να οφείλεται στην ενδυνάμωση των αναπνευστικών μυών. Η άσκηση με ΠΣΑ μπορεί να ενισχύσει τους αναπνευστικούς μύες ώστε να αυξήσουν τις ελαστικές ιδιότητες των πνευμόνων και να βελτιώσουν ορισμένες από τις λειτουργίες του αερισμού των πνευμόνων με αποτέλεσμα την αύξηση της περιφέρειας



θώρακος (Joshi, & Joshi, 1998). Η διαδικασία αυτή προκαλείται από την ενδυνάμωση των αναπνευστικών μυών που επιδρούν θετικά στην μεγαλύτερη ικανότητα εκπνοής (Thombre et al., 1992; Volianitis et al., 2001) ενώ η αύξηση του μεγέθους των πνευμόνων και της περιφέρειας θώρακος είναι παράμετροι που επηρεάζονται από τη συχνότητα και τον όγκο αερίων κατά την αναπνοή (DePalo, Parker, Al-Bilbeisi, & McCool, 2004; Guenette, Querido, Eves, Chua, & Sheel, 2009).

Η άσκηση με ΠΣΑ είναι πιθανό να προκαλεί ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού (Woorons et al., 2010) που οδηγεί σε παραγωγή γαλακτικού όπως συμβαίνει σε ερεθίσματα υψηλής έντασης και διάρκειας 1-3 min (Maglisco, 2003). Ο μηχανισμός δράσης για την εξουδετέρωση του γαλακτικού γίνεται από το  $\text{NaHCO}_3$  του πλάσματος με αποτέλεσμα την παραγωγή του γαλακτικού νατρίου και την απελευθέρωση  $\text{CO}_2$  το οποίο με τη σειρά του ενσωματώνεται στο  $\text{CO}_2$  που μεταφέρεται στο αίμα. Ο μηχανισμός της υπερκαπνίας αυξάνει τον πνευμονικό αερισμό περισσότερο από εκείνα τα επίπεδα που είναι απαραίτητα για την επαρκή οξυγόνωση του αίματος (Χατζηκωνσταντίνου, 1993). Ο κορεσμός του αρτηριακού  $\text{O}_2$  στην πρώτη μέτρηση ήταν στα φυσιολογικά επίπεδα και για τις δυο ομάδες (>96) ενώ σημαντικές διαφορές εμφανίστηκαν μετά την περίοδο παρέμβασης και τη δεύτερη κολυμβητική δοκιμασία (Σχήμα 5) με την ομάδα με ΠΣΑ να εμφανίζει υποξαιμία μετά από την προσπάθεια (89%  $\text{SpO}_2$ ) ευρήματα τα οποία συμφωνούν με προηγούμενη μελέτη (Woorons et al., 2007).

Η μειωμένη τιμή του  $\text{SpO}_2$  στη ομάδα με ΠΣΑ (Σχήμα 2, δεύτερη μέτρηση) εκφράζεται από τη μεταβολή του παλμικού  $\text{O}_2$  κατά τη μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης άσκηση όπως συμβαίνει στα 50 m άπνοης κολύμβησης. Η αρτηριοφλεβική διαφορά  $\text{O}_2$  εξαρτάται από το ποσοστό πρόσληψης του παρεχόμενου με το αίμα  $\text{O}_2$  από τους μυς και επηρεάζεται από τις μεταβολές στην καμπύλη κορεσμού της οξυαιμοσφαιρίνης. Η μείωση της περιεκτικότητας  $\text{O}_2$  στο φλεβικό αίμα είναι υπεύθυνη για την αύξηση της

αρτηριοφλέβικης διαφοράς  $O_2$  και εξαρτάται από το είδος της προπόνησης. Όπως προκύπτει από το μηχανισμό αυτό η ικανότητα των μυών να δεσμεύουν  $O_2$  βελτιώνεται και έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του τριχοειδούς δικτύου και την αύξηση των μιτοχονδρίων (Κλεισούρας, 2011) που δημιουργεί καλύτερη αιμάτωση και απόδοση των ασκούμενων μυών.

Οι αθλητές που προπονούνται με ΠΣΑ διατηρούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την υποξική τους ικανότητα στην άσκηση εμφανίζοντας μια ανοχή στην υποξαιμία (Joulia et al., 2003) από ότι οι αθλητές που δεν τη χρησιμοποιούν αρκετά (Sterba, & Lundgen, 1985; Chang, & Lundgren, 1996; Pan, He, Kinouchi, Yamaguchi, & Miyamoto, 1997; Stewart, Bulmer, Sharman, & Ridgway, 2005). Η μέθοδος προπόνησης με ΠΣΑ παρατηρούμε πως μπορεί να εκπαιδεύσει και να προκαλέσει προσαρμογές στους αθλητές ενώ η συχνότητα και το είδος της άσκησης είναι βασικοί παράμετροι που καθορίζουν το αποτέλεσμα. Για παράδειγμα προπονημένοι κολυμβητές εμφανίζουν χαμηλότερα επίπεδα κορεσμού σε σχέση με απροπόνητους (Spanoudaki et al., 2004). Σε αυτή την περίπτωση η αυξημένη μεταβολική διαταραχή (γαλακτικό, pH) μπορεί να προκαλεί αυξημένο αποκορεσμό οξυγόνου (Bohr effect) σε καλά προπονημένους αθλητές όπως στην παρούσα μελέτη. Ο Woorons και συνεργάτες (2007), παρατήρησαν πως η άσκηση με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής εμφανίζει προσαρμογές παραπλήσιες με αυτές που εμφανίζουν οι αθλητές που προπονούνται σε υψόμετρο, όπως αύξηση της δραστηριότητας των αναπνευστικών μυών και βελτίωση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο μειωμένος κορεσμός οξυγόνου στην ομάδα ΠΣΑ μετά τα 50 m είναι πιθανό να οφείλεται σε προσαρμογές που ευνοούν την ταχύτερη αποδέσμευση οξυγόνου για την απόδοση του στους μύες. Αυτό επιτρέπει στους αθλητές να χρησιμοποιούν μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου οξυγόνου στη διάρκεια της έντονης άσκησης και πιθανό να ευνοεί βελτίωση της απόδοσης.

#### 5.4. Η επίδραση της άσκησης με περιορισμένη και αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν εμφάνισαν μεταβολές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (Πίνακας 10). Σημαντική διαφορά εμφανίστηκε μόνο στη κινητικότητα των άνω άκρων. Η ομάδα με ΑΣΑ δεν μετέβαλε τις τιμές της αντίθετα με την ομάδα με ΠΣΑ. Αυτή η μεταβολή προφανώς δεν σχετίζεται με το είδος της προπόνησης αλλά με το γεγονός ότι η ομάδα με ΠΣΑ είχε μικρότερη ευλυγισία στα άνω άκρα με αποτέλεσμα να βελτιωθεί κατά τη διάρκεια των προπονήσεων. Από τα ευρήματα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά δεν είχαν σημαντική επίδραση στη μεταβολή της απόδοσης σε 50 και 400 m.

## Κεφάλαιο 6

### 6. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας συμπεραίνουμε πως η προπόνηση με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη βελτίωση στην επίδοση στα 400 m επιφάνειας στην τεχνική κολύμβηση σε σύγκριση με προπόνηση και αυτοεπιλεγόμενη αναπνοή.

Η μεγάλης διάρκειας περιορισμένης συχνότητας αναπνοής στην άσκηση συμβάλει στη βελτίωση της επίδοσης προσφέροντας μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για υποβαρική υποξία με στόχο να βελτιώσει και να αυξήσει την αερόβια και / ή αναερόβια απόδοση. Η βελτίωση της απόδοσης στην ομάδα με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής είναι ένα συνδυαστικό αποτέλεσμα της ανοχής των αθλητών στην υποξαιμία κατά την άσκηση, την ικανότητα τους να ασκούνται κάτω από συνθήκες υποαερισμού και πιθανό σε αυξημένες μεταβολικές προσαρμογές (π.χ. ικανότητα εξουδετέρωσης) σε σχέση με την ομάδα που πραγματοποίησε αυτοεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής.

Η μορφολογία της καρδιάς παρά το γεγονός ότι δεν εμφάνισε σημαντικές μεταβολές μεταξύ των ομάδων και μετά από την περίοδο προπόνησης των 16 εβδομάδων παρουσίασε τάση για διαφορετικές προσαρμογές σε IVSs και IVSd γεγονός που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

## Κεφάλαιο 7

### Βιβλιογραφία

Alentejano, C.T., Marshall, D., & Bell, J.G. (2010): Breath holding with water immersion in synchronized swimmers and untrained women. *Research in Sports Medicine*, 18, 97-114.

Ayabakan, C., Figen, A., Sami, M., Birol, Ç., Ilhan, O., & Ali, Ö. (2006). Athlete's heart in prepubertal male swimmers. *Cardiology in the Young*, 16, 61-66.

Barbier, C.E., Johansson, L., Lind, L., Ahlstrom, H., & Bjerner, T. (2011). Several sources of error in estimation of left ventricular mass with M-mode echocardiography in elderly subjects. *Uppsala Journal of Medical Sciences*, 116: 258-264.

Barcroft, J. (1946). *Researches in Perinatal Life*. Oxford, UK. Blackwell.

Chang, L., & Lundgren, C. (1996). Maximal breath-holding time and immediate tissue CO<sub>2</sub> storage capacity during head out immersion in humans. (Abstract) *Journal of Applied Physiology*, 73, 210-218.

Chen, J., Gao, Y., Liao, W., Huang, J., & Gao, W. (2012). Hypoxia affects mitochondrial protein expression in rat skeletal muscle. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 16, 98-104.

CMAS, World Underwater Federation (2010). Finswimming Cmas Rules, Version 2010/01, (23/04/10, BOB /SPO/N<sup>o</sup> 26). Ανακτήθηκε τον Ιανουάριο 2011 από <http://www.cmas.org/comspo/nap/>.

Cochrane, D., & Stannard, S. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 860-865.

Counsilman, J.E. (1977). *Competitive swimming manual for coaches and swimmers*. Bloomington IND: Counsilman.

Czuba, M., Waskiewicz, Z., Zajac, A., Poprzecki, S., Cholewa, J., & Rocznik, R. (2011). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and endurance performance in cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 175-183.

D'Andrea, A., Caso, P., Sarubbi, B., Limongelli, G., Liccardo, B., Cice, G., D'Andrea, L., Scherillo, M., Cotrufo, M., & Calabro, R. (2003). Right ventricular myocardial adaptation to different training protocols in top-level athletes. *Echocardiography*, 20, 329-36.

Dayan, A., Feinberg, S.M., Holbova, R., Deshet, N., & Scheinowitz, M. (2005). Swimming exercise training prior to acute myocardial infarction attenuates left ventricular remodeling and improves left ventricular function in rats. *Annals of Clinical and Laboratory Science*, 35, 73-78.

DePalo, V.A., Parker, A.L, Al-Bilbeisi, F., & McCool, F.D. (2004). Respiratory muscle strength training with nonrespiratory maneuvers. *Journal of Applied Physiology*, 96, 731-734.

Devasena, I., & Narhare, P. (2011). Effect of yoga on heart rate and blood pressure and its clinical significance. *International Journal of Biological & Medical Research*, 2, 750-753.

Dicker, S.G., Lofthus, G.K., Thornton, N.W., & Brooks, G.A. (1980). Respiratory and heart rate responses to tethered controlled frequency breathing swimming. *Medicine Science of Sports and Exercise*, 12, 20-23.

Elliott, S., Pham, E., & MacDougall, I.C. (2008). Erythropoietins: A common mechanism of action. *Experimental Hematology*, 36, 1573-1584.

Finnoff, J.T., Smith, J., Low, P.A., Dahm, D.L., & Harrington, S.P. (2003). Acute hemodynamic effects of abdominal exercise with and without breath holding. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 1017-22.

Foppa, M., Duncan, B., & Rohde, L. (2005). Echocardiography-based left ventricular mass estimation. How should we define hypertrophy? *Cardiovascular Ultrasound*, 3,17.

Fuster, V., Danielson, M.A., Robb, R.A., Brodbent, J.C., Brown, A.L., & Elveback, L.R. (1977). Quantitation of left ventricular myocardial fiber hypertrophy and interstitial tissue in human hearts with chronically increased volume and pressure overload. *Circulation journal of the American heart association*, 55, 504-508.

Gautier, J., Baly, L., Zanone, P.G., & Watier, B. (2004). A kinematic study of finswimming at surface. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 91-95.

Gilbert, A.C., Nutter, O.D., Felner, M.J., Perkins, V.J., Heymsfield, B.S., & Schlant, C.R. (1977). Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athletes. *Circulation Journal of the American Heart Association*, 40, 528.

Gollnik και & Hermansen (1973) In: B. Κλεισούρα (1997). *Εργοφυσιολογία. Φυσιολογική βάση της μυϊκής προσπάθειας* (σελ 224). Έκτη έκδοση. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Gore, C.J., Clark, S.A., & Saunders, P.U. (2007). Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure. In: R.M. Salgado. (2007). *The effects of hypoxic manipulation on sea-level performance and VO2max: A meta-analysis*. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή διατριβή, California State University Sacramento.

Gore, C.J., Rodriguez, F.A., Truijens, M.J., Townsend, N.E., Stray-Gundersen, J., & Levine, B.D. (2006). Increased serum erythropoietin but not red cell production after 4 wk of intermittent hypobaric hypoxia (4,000-5,000m). In: R.M. Salgado (2007). *The effects of hypoxic manipulation on sea-level performance and VO2max: A meta-analysis*. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή διατριβή, California State University Sacramento.

Guenette, J.A., Querido, J.S., Eves, N.D., Chua, R., & Sheel, A.W. (2009). Sex differences in the resistive and elastic work of breathing during exercise in endurance-trained

athletes. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 297, 166-175.

Hansen, T.J., & Koeppe, M.B. (2002). *Άτλας βασικών ιατρικών επιστημών, φυσιολογία του ανθρώπου*. (Μ. Κουτσιλιέρης επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδη (Δημοσίευση πρωτοτύπου, 2002).

Haykowsky, M.J., Smith, D.J., Malley, L., Norris, S.R., & Smith, E.R. (1998). Effects of short-term altitude training and tapering on left ventricular morphology in elite swimmers. *Canadian Journal of Cardiology*, 14, 678-681.

Hespel, R.T., Lijnen, P., Fagard, R., Van Hoof, R., Goossens, W., & Amery, A. (1988). The effects of training on erythrocyte 2,3-diphosphoglycerate in normal men. *European Journal of Applied Physiology*. 57, 456.

Holloway, C., Montgomery, H., Murray, A., Cochlin, L., Codreanu, I., Hopwood, N., Johnson, A., Rider, O., Levett, D., Tyler, D., Francis, J., Neubauer, S., Grocott, M., & Clarke, K. (2011). Cardiac response to hypobaric hypoxia: persistent changes in cardiac mass, function, and energy metabolism after a trek to Mt. Everest Base Camp. *The FASEB Journal*, 25, 792-796.

Hoppeler, H., & Vogt, M. (2001). Muscle tissue adaptations to hypoxia. *The Journal of Experimental Biology*, 204, 3133-3139.

Horace, D.A. (1899). Weight of the normal heart in adults. *Journal of the Boston Society of Medical Science*, 7, 174-184.

Iemitsu, M., Miyauchi, T., Maeda, S., Sakai, S., Fujii, N., Hitoshi, M., Kakinuma, Y., Matsuda, M., & Yamaguchi, I. (2003). Cardiac hypertrophy by hypertension and exercise training exhibits different gene expression of enzymes in energy metabolism. *Hypertension Research Journal*, 26, 829-837.



Joshi, L.M., & Joshi, V.D. (1998). Effect of forced breathing on ventilator function of the lung. *Journal of Postgraduate Medicine*, 44: 67-69.

Joulia, F., Steinberg, J.G., Faucher, M., Jamin, T., Ulmer, C., Kipson, N., & Jammes, Y. (2003). Breath-hold training of humans reduces oxidative stress and blood acidosis after static and dynamic apnea. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 137, 19-27.

Kampmann, C., Wiethoff, C., Wenzel, A., Stolz, G., Betancor, M., Wippermann, C., Huth, R., Habermehl, P., Knuf, M., Emschermann, T. & Stopfkuchen, H. (2000). Normal values of M mode echocardiographic measurements of more than 2000 healthy infants and children in central Europe. *Heart*, 83, 667-672.

Kapus, J., Kapus, V., Štrumbelj, B., & Ušaj, A. (2010). Can high intensity workloads be simulated at moderate intensities by reduced breathing frequency? *Biology of Sport*, 27:163-168.

Karlsson, J., Bonde-Peters, G.F., Henriksson, J., & Knuttgen, H., (1975). In: B. Κλεισούρα (1997). *Εργοφυσιολογία. Φυσιολογική βάση της μυϊκής προσπάθειας* (σελ 214). Έκτη έκδοση. Εκδόσεις συμμετρία, Αθήνα.

Kilding, A.E., Brown, S., & McConnell, A.K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 505-511.

Knaupp, W., Khilnani, S., Sherwood, J., Scharf, S., & Steinberg, H. (1992). Erythropoietin response to acute normobaric hypoxia in humans. In: R.M. Salgado (2007). *The effects of hypoxic manipulation on sea-level performance and VO<sub>2max</sub>: A meta-analysis*. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή διατριβή, California State University Sacramento.

Lemaitre, F., Buchheit, M., Joulia, F., Fontanari, P. & Tourny-Chollet, C. (2008). Static apnea effect on heart rate and its variability in elite breathhold divers. *Aviation Space Environmental Medicine*, 79, 99-104.

Lemaitre, F., Seifert, L., Polin, D., Juge, J., Chollet, C., & Chollet, D. (2009) Apnea training effects on swimming coordination. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1909-1914.

Lichtman, J., O'Rourke, A.R., Klein, A., & Karliner, S.J. (1973). Electrocardiogram of the athlete alterations simulating those of organic heart disease. *Archives of Internal Medicine*, 132, 763-770.

Lo, Y.S., & Chin, M.K. (1990). Echocardiographic left ventricular hypertrophy in Chinese endurance athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 24, 274-276.

Lopez, L., Colan, S., Frommelt, P., Ensing, G., Kendall, K., Younoszai, A., Lai, W. & Geva, T. (2010). Recommendations for Quantification Methods During the Performance of a Pediatric Echocardiogram: A Report From the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 23, 465-495.

Lucas, S.B. (2011). Derivation of new reference tables for human heart weights in light of increasing body mass index. *Journal of Clinical Pathology*, 64, 279-280.

Lundby, C., Achman-Anderson, N.J., Thomsen, J.J., Norgaard, A.M., & Robach, P. (2008). Testing for recombinant human erythropoietin in urine: problems associated with current anti-doping testing. *Journal of Applied Physiology*, 105, 417-419.

Luthra, A. (2010). *Βασικές αρχές υπερηχογραφίας* (X. Καρβούνης επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ροτόντα. (Δημοσίευση πρωτοτύπου 2007).

Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign IL: Human Kinetics.

Marabotti, C., Scalzini, A., Cialoni, D., Passera, M., Ripoli, A., L'Abbate, A., & Bedini, R. (2009). Cardiac changes induced by immersion and breath-hold diving in humans *Journal of Applied Physiology*, 107, 1526-1531.

Miyasaka, K., & Suzuki, Y. (2002). Unexpectedly severe hypoxia during sprint swimming. *Journal of Anesthesia*, 16, 90-91.

Mizuno, M., Juel, C., Bro-Rasmussen, T., Mygind, E., Schibye, B., Rasmussen, B., & Saltin, B. (1990). Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *Journal of Applied Physiology*, 68, 496-502.

Mizuno, M., Juel, C., Bro-Rasmussen, T., Mygind, E., Schibye, B., Rasmussen, B., & Saltin, B. (1990). Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *Journal of Applied Physiology*, 68, 496-502.

Morganrth, J., Maron, B.J., Henry, W.L., & Epstein, S.E. (1975). Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Annals of Internal Medicine*, 82, 521.

Mosteller, R.D. (1987). Simplified calculate on of body-surface area. *New England Journal Medicine*, 317, 1098.

Mullur, LM., Bagali, S., Khodnapur, JP. & Aithala, M. (2012). Role of short term yoga on pulmonary functions of young and middle age healthy individuals. *International Journal of Biomedical and Advance Research*, 252-255.

Murray, AJ. (2009). Metabolic adaptation of skeletal muscle to high altitude hypoxia: how new technologies could resolve the controversies. *Genome Medicine*, 1-117.

Nishimura, T., Yamada, Y., & Kawai, C. (1980). Echocardiographic evaluation of long-term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists. *Circulation Journal of the American Heart Association*, 61, 832-840.

Norton, K., Whittingham, N., Carter, L., Kerr, D., Gore, C., & Marfell-Jones, M. (1996). Measurement techniques in anthropometry In: K. Norton & T. Olds (Eds) *Anthropometrica* (pp.25.76) Sydney: University of New South Wales Press.

Olbrecht, J. (2000). *The Science of Winning*. Luton England: Swim shop.

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 and Occupational Physiology*, 75, 388-395.

Pavlicevic, S. (2002). *Αμφίδρομο σύστημα επιλογής-αξιολόγησης Ελλήνων κολυμβητών προεφηβικής ηλικίας*. Κολυμβητική Ομοσπονδία Ελλάδος.

Pendergrast, D.R., Mollendorf, J., Logue, C., & Samimy, S. (2003). Underwater fin-swimming in women with reference to fin selection. *Undersea & Hyperbaric Medicine*, 30, 75-85.

Pingitore, A, Gemignani, A, Menicucci, D, Di Bella, G, De Marchi ,D, Passera, M, Bedini, R, Ghelarducci, B, & L'Abbate, A. (2008). Cardiovascular response to acute hypoxemia induced by prolonged breath holding in air. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 294, 449-455.

Pinna, G.D., Maestri, R., La Rovere, M.T., Gobbi, E., & Fanfulla, F. (2006). Effect of paced breathing on ventilatory and cardiovascular variability parameters during short-term investigations of autonomic function. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 290, 424-433.

Prakken, N., Teske, A., Cramer, M., Mosterd, A., Bosker, A., Mali, W., Doevendans, P., & Velthuis B. (2012). Head-to-head comparison between echocardiography and cardiac MRI in the evaluation of the athlete's heart. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 348-354.

Pyne, D., Goldsmith, W., & Maw, G. (2000). Protocols for the Physiological Assessment of Swimming. In: C. Gore, *Physiological Test for Elite Athletes* (pp 372-382). Publisher: Human Kinetics, Champaign Illinois.

Robergs, R.A., & Keteyian, S.J. (2003). Exercise in differing environments. *Fundamentals of exercise physiology* (2nd ed.) (pp. 367-399). New York: McGraw-Hill. In:

R.M. Salgado (2007). *The effects of hypoxic manipulation on sea-level performance and VO<sub>2max</sub>: A meta-analysis*. Thesis. California State University Sacramento.

Roeske, W., O'Rourke, R., Klein, A., Leopold, G., & Karliner, J. (1976). Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes. *Circulation Journal of the American Heart Association*, 53, 286.

Rowland, T., Bougault, V., Walther, G., Nottin, S., Agnes, V., & Philippe, O. (2009). Cardiac responses to swim bench exercise in age-group swimmers and non-athletic children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 266-272.

Salgado, R.M. (2007). *The effects of hypoxic manipulation on sea-level performance and VO<sub>2max</sub>: A meta-analysis*. Thesis. California State University Sacramento.

Santaella, DF., Devesa, C., Rojo, MR., Amato, M., Drager, L., Casali, K., Montano, L. & Lorenzi-Filho, G. (2011). Yoga respiratory training improves respiratory function and cardiac sympathovagal balance in elderly subjects: a randomised controlled trial. Ανακτήθηκε από <http://bmjopen.bmj.com/doi:10.1136/bmjopen-2011-000085>.

Sharma, S., Maron, B.J., Whyte, G., Firoozi, S., Elliott, M.P., & McKenna, J.W. (2002). Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: Relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American College of Cardiology*, 40, 1431-1436.

Son, H.J., Kim, H.J., Kim, J.H., Ohno, H., Kim, C.K. (2012). Erythropoietin, 2,3 DPG, oxygen transport capacity, and altitude training in adolescent Alpine skiers. *Aviation Space Environmental Medicine*, 83,50-53.

Spanoudaki, S.S., Maridaki, M.D., Myrianthefs, P.M., & Baltopoulos, P.J. (2004). Exercise induced arterial hypoxemia in swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44, 342-348.

Sterba, J., & Lundgren, C. (1985). Diving bradycardia and breath-holding time in man. *Undersea Biomedical Research*, 12, 139-150.

Stewart, I., Bulmer, A., Sharman, J., & Ridgway, L. (2005). Arterial oxygen desaturation kinetics during apnea. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 1871-1876.

Stollberger, C., Hollnder, I., Dimitrov, L., & Slany, J. (1996). Influence of measurement inaccuracies on determination of left ventricular mass by M-mode echocardiography. *Cardiovascular Ultrasound*, 3:17, 1-13.

Taneja, I., Medow, M.S., Clarke, D.A., Ocon A.J., & Stewart, J.M. (2010). Postural change alters autonomic responses to breath-holding. *Clinical Autonomic Research*, 20, 65-72.

Tanner, J.M. (1962). Growth at adolescence. 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Telles, S., Singh, N., & Balkrishna, A. (2011). Heart rate variability changes during high frequency yoga breathing and breath awareness. *BioPsychoSocial Medicine*, 5,4.

Thombre, D.P., Balakumar, B., Nambinarayanan, T.K., Thakur, S., Krishnamurthy, N., & Chandabose, A. (1992). Effect of yoga training on reaction time, respiratory endurance and muscle strength. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 36, 229-33.

Tocco, F., Crisafulli, A., Melis, F., Porru, C., Pittau, G. & Milia, V. (2012). Cardiovascular adjustments in breath-hold diving: comparison between divers and non-divers in simulated dynamic apnoea. *European Journal of Applied Physiology*. 112, 543-554

Town, G.P., & Vanness, J.M. (1990). Metabolic responses to controlled frequency breathing in competitive swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22, 112-116.

Tripodiadis, F., Ghiokas, S., Skoularigis, I., Kotsakis, A., Giannakoulis, I., & Thanopoulos, V. (2002). Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *European Journal of Clinical Investigation*, 32, 16-23.

Urhausen, A., Monz, T., & Kindermann, W. (1997). Echocardiographic criteria of physiological left ventricular hypertrophy in combined strength- and endurance-trained athletes. *International Journal of Cardiac Imaging*, 13, 43-52.

Venckunas, T., Lionikas, A., Marcinkeviciene, E.J., Raugaliene, R., Alekrinskas, A., & Stasiulis, A. (2008). Echocardiographic parameters in athletes of different sports. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 151-156.

Villien, F., Yu, M., Barthelemy, P., & Jammes, Y. (2005). Training to yoga respiration selectively increases respiratory sensation in healthy man. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 146, 85-96.

Vinet, A., Beck, L., Nottin, S., & Obert, P. (2005). Effect of intensive training on heart rate variability in prepubertal swimmers. *European Journal of Clinical Investigation*, 35, 610-614.

Volianitis, S.A., McConnell, K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., & Jones, D.A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 803-809.

Vorontsov, A. (2004). Development of basic and special endurance in age group swimmers. Ανακτήθηκε 1/5/2012 από <http://coachesinfo.com>.

Wagner, MH., & Berry, R. (2007). A patient with sickle cell disease and a low baseline sleeping oxygen saturation. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 15, 313-315.

Wehrlin, J.P., Zuest, P., Hallen, J., & Marti, B. (2006). Live high-train low for 24-days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1938-1945.

Weight, LM., Alexander, D., Elliot, T., & Jacobs, P. (1992). Erythropoietic adaptations to endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64, 444-448.

West, S.A., Drummond, M.J., Vanness, J.M., & Ciccolella, M.E. (2005). Blood lactate and metabolic responses to controlled frequency breathing during graded swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19,772-776.

Westerhof, N., Stergiopoulos, N., Mark, I., & Noble, M. (2005). Snapshots of hemodynamics: An aid for clinical research and graduate education. Springer Science and Business Media, Inc., USA.

Woorons, X., Bourdillon, N., Lamberto, C., Vandewalle, H., Richalet, J-P., Mollard, P., & Pichon, A. (2011). Cardiovascular responses during hypoventilation at exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 32, 438-445.

Woorons, X., Bourdillon, N., Vandewalle, H., Lamberto, C., Richalet, J-P., Mollard, P., & Pichon, A. (2010). Exercise with hypoventilation induces lower muscle oxygenation and higher blood lactate concentration: role of hypoxia and hypercapnia. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 367-377.

Woorons, X., Mollard, P., Pichon, A., Duvallet, A., Richalet, J.P., & Lamberto, C. (2007). Prolonged expiration down to residual volume leads to severe arterial hypoxemia in athletes during submaximal exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 158, 75-82.

Woorons, X., Mollard, P., Pichon, A., Duvallet, A., Richalet, J.P., & Lamberto, C. (2008). Effects of a 4-week training with voluntary hypoventilation carried out at low pulmonary volumes. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 160, 123-130.

Yuhasz, M.S. (1962). *The effects of sports training on body fat in man with predictions of optimal weights*. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή, University of Illinois.

Γεωργακόπουλος, Δ., & Τόλης, Β. (2007). Υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια σε παιδιά εφήβους και νεαρούς ενήλικες. *Ελληνική Καρδιολογική Επιθεώρηση*, 48, 207-212.

Κλεισούρας, Β. (1997). *Εργοφυσιολογία. Φυσιολογική βάση της μυϊκής προσπάθειας*. Έκτη έκδοση. Εκδόσεις συμμετρία, Αθήνα.



- Κλεισούρας, Β. (2011). *Εργοφυσιολογία*. Εκδόσεις Πασχαλίδη, Αθήνα, 11<sup>η</sup> έκδοση
- Παγκουρέλιας, Δ.Ε. (2011). *Επίδραση της άσκησης στο εγκεφαλικό νατριουρητικό πεπτίδιο σε ασθενείς με υπερτροφία της αριστερής κοιλίας της καρδιάς*. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Πέτρου, Α., & Χριστοφορίδης, Σ. (2006). Παθοφυσιολογία της υποξίας κατά την άπνοια, μια σύντομη προσέγγιση. *Ελληνικό Περιοδικό Περιεγχειρητικής Ιατρικής*, 4:15-36.
- Σταύρου, Β., Καρατράντου, Κ., Βουτσελάς, Β., & Σταύρου, Στ. (2007). Ανάλυση 200μ επιφάνειας τεχνικής κολύμβησης. Πρακτικά από το 15<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Κομοτηνή-Ελλάδα (σελ. 172), Τρίκαλα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Τσαρούχας, Κ.Γ. (2008). *Μετρήσεις πεδίου ταχυτήτων ροής in vitro με υπερηχοκαρδιογράφο - εκτίμηση λαθών μέτρησης*. Αδημοσίευτη Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Χατζικωνσταντίνου, Σ. (1993). *Ιατρική της σωματικής άσκησης, Αθλητιατρική παθολογία Ι*. Εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα.

## Παράρτημα



Κολύμβηση επιφανείας στις αγωνιστικές αποστάσεις 50, 100, 200, 400, 800 και 1500 m με χρήση μονοπέδλου και αναπνευστήρα



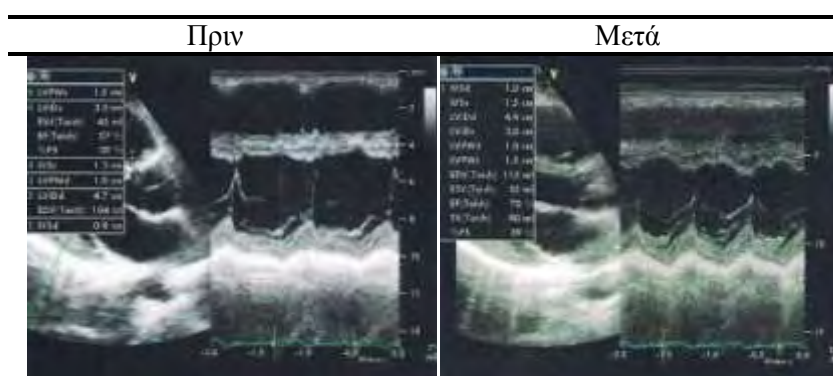
Κολύμβηση άπνοης. Η αγωνιστική απόσταση είναι 50 m και ο αθλητής χρησιμοποιεί μονοπέδιλο.



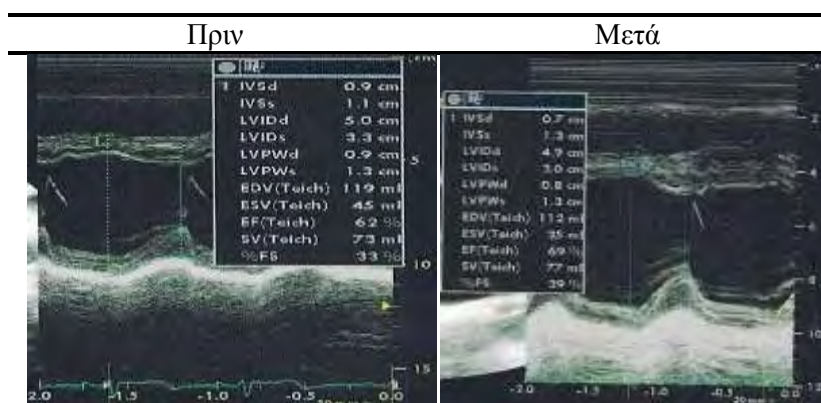
Κολύμβηση υποβρυχίου στις αγωνιστικές αποστάσεις 100, 400 και 800 m με χρήση μονοπέδλου και ειδικής φιάλης



Κολύμβηση Βίφιν στις αγωνιστικές αποστάσεις 50, 100 και 200m με χρήση αναπνευστήρα και διπλά πέδιλα.



**Εικόνα 7.** Παράθεση ηχοκαρδιογραφήματος αθλητού της ομάδας με ΑΣΑ πριν και μετά από την από την περίοδο προπόνησης.



**Εικόνα 8.** Παράθεση ηχοκαρδιογραφήματος αθλητού της ομάδας με ΠΣΑ πριν και μετά από την από την περίοδο προπόνησης.

		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Έντυπο Αξιολόγησης Αθλητών Τεχνικής Κολύμβησης													
<b>Στοιχεία Δοκιμαζόμενου</b>						<b>Στοιχεία Αξιολόγησης</b>									
Όνοματεπώνυμο:						Θερμοκρασία (C°):									
Ημερομ. Γεν.:						Υγρασία (%):									
Διεύθυνση:						T.K.:		B.P. (mmHg):							
Πόλη:						Τηλέφωνο:		Υψόμετρο (m):							
		<b>Pre</b>	<b>Post</b>												
Βάρος (Kg):															
Ανάστημα (cm)															
<b>Καρδιακοί δείκτες</b>						<b>Pre</b>	<b>Post</b>			<b>Επίδοση (sec)</b>				<b>Pre</b>	<b>Post</b>
EDV (ml)										50 m άπνιση					
ESV (ml)										400 m επιφάνεια					
SV (ml)															
EF (%)															
MV E/A (m/sec)										<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>		<b>A</b>		<b>B</b>	
AV Vmax (m/sec)										<b>Pre</b>	<b>Post</b>	<b>Pre</b>	<b>Post</b>		
IVSd (cm)															
LVIDd (cm)															
LVPWd (cm)										<b>HR (bpm)</b>		<b>A</b>		<b>B</b>	
IVSs (cm)										<b>Pre</b>	<b>Post</b>	<b>Pre</b>	<b>Post</b>		
LVIDs (cm)															
LVPWs (cm)															
SBP (mmHg)															
DBP (mmHg)															
<b>Σωματικό Λίπος</b>						<b>Pre</b>				<b>Post</b>					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>M.O.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>M.O.</b>						
Στήθος-Θώρακας															
Μεσομασχαλιαία															
Τρικέφαλος															
Υποπλάτιος															
Υπερλαγώνιος															
Κουλιά															
Μηρός															
<b>Σωματικό Λίπος (%):</b>										<b>Μήκος μελών (cm)</b>		<b>Pre</b>	<b>Post</b>		
<b>Ευκαμψία (cm)</b>						<b>Pre</b>	<b>Post</b>			Μήκος άνω άκρου (Δ)					
Ευκαμψία κάτω άκρων και κορμού										Μήκος άνω άκρου (Α)					
Ευκαμψία άνω άκρων										Μήκος κάτω άκρου (Δ)					
<b>Περίμετρος Θώρακος (cm)</b>						<b>Pre</b>	<b>Post</b>			Μήκος κάτω άκρου (Α)					
Στη μέγιστη εισπνοή										<b>Βιολογική Ωρίμανση</b>		<b>Pre</b>	<b>Post</b>		
Στη μέγιστη εκπνοή															
<p>Σας γνωστοποιώ ότι έχω κατανοήσει πλήρως την διαδικασία των δοκιμασιών στις οποίες θα υποβληθώ και έχω πλήρη γνώση του οφέλους αλλά και των πιθανών κινδύνων που ενέχονται στη διαδικασία. Επίσης, δηλώνω υπεύθυνα ότι έχω πρόσφατα υποβληθεί σε ιατρικές εξετάσεις σύμφωνα με τις οποίες είμαι υγιής καθώς και ότι δεν κάνω χρήση κανενός φαρμάκου. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας είναι απόρρητα και θα χρησιμοποιηθούν ανώνυμα μόνο για την αποπεράτωση συγκεκριμένης έρευνας.</p> <p>Όνοματεπώνυμο Δοκιμαζόμενου:</p> <p>Όνοματεπώνυμο Κηδεμόνα:</p> <p>Υπογραφή: <span style="float: right;">Ημερομηνία:</span></p>															



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**



**Έντυπο συναίνεσης δοκιμαζόμενου και κολυμβητικού συλλόγου σε ερευνητική εργασία**

**Θέμα:** Αξιολόγηση των καρδιακών παραμέτρων σε έφηβους αθλητές της τεχνικής κολύμβησης

**Ερευνητής:** Σταύρου Βασίλειος, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Επιστημονικώς υπεύθυνοι:**

Κρητικός Αλέξανδρος, Λέκτορας, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Σούλας Δημήτρης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τουμπέκης Αργύρης, Λέκτορας, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

**Σκοπός της ερευνητικής εργασίας:** Σκοπός της μελέτης είναι να εξετάσει και να αξιολογήσει την υπερτροφία του μυοκαρδίου σε έφηβους αθλητές της τεχνικής κολύμβησης με ένα πρόγραμμα παρέμβασης υποξικής προπόνησης.

**Διαδικασία μετρήσεων:** Το πρωτόκολλο θα περιλαμβάνει αξιολόγηση: α) των καρδιακών παραμέτρων (διαστάσεις καρδιάς, μάζα καρδιάς, κλάσμα εξώθησης, διαστολική διάμετρος, τελοδιαστολική και τελοσυστολική διάμετρος αριστερής κοιλίας) με τη χρήση ηχοκαρδιογραφήματος, η οποία θα γίνει σε πιστοποιημένο ιατρικό κέντρο β)  $VO_{2max}$  σε κυκλοεργόμετρο και γ) μέτρηση αναερόβιας ισχύος σε κυκλοεργόμετρο πριν και μετά από υποξική προθέρμανση στο νερό. Η προθέρμανση θα γίνει σε κλειστή πισίνα 50 m και 10 διαδρομών διάρκειας 30 min και θα καλύπτει απόσταση 1500 m. Η προθέρμανση θα περιλαμβάνει στοιχεία υποξικής προπόνησης σε ποσοστό 40% της συνολικής απόστασης. Η θερμοκρασία του νερού θα είναι  $\approx 27^\circ C$  και η αξιολόγηση θα γίνει ώρα 09.00 – 12.00 μμ.. Η συλλογή δεδομένων ( $VO_{2max}$  και μέτρηση αναερόβιας ικανότητας) θα γίνει σε κλειστή αίθουσα στον ίδιο χώρο με θερμοκρασία αέρα  $\approx 22-24^\circ C$ . Η αερόβια και αναερόβια ικανότητα θα αξιολογηθεί και με αγωνιστική προσπάθεια στα 400 m επιφάνεια και 50 m άπνοη αντίστοιχα την ίδια μέρα. Η ίδια δοκιμασία θα επαναληφθεί ύστερα από 6 μήνες στις ίδιες εγκαταστάσεις με τις ίδιες συνθήκες.

**Κίνδυνοι και ενοχλήσεις:** Κατά την διάρκεια του προσδιορισμού της μέγιστης αερόβιας ικανότητας και της υποξικής προπόνησης και της μέγιστης κολυμβητικής προσπάθειας υπάρχει ένας πολύ μικρός κίνδυνος τραυματισμού. Θα γίνει κάθε προσπάθεια να ελαχιστοποιηθούν αυτοί οι κίνδυνοι με την προκαταρκτική εξέταση και με παρατηρήσεις κατά την διάρκεια της προπόνησης. Υπάρχει πρόβλεψη πρώτων βοηθειών και εκπαιδευμένο προσωπικό για κάθε ενδεχόμενο.

**Προσδοκώμενες ωφέλειες:** Τα ευρήματα από την εργασία θα σου δώσουν την δυνατότητα να καταλάβεις ποια είναι τα επίπεδα των μεταβολών των παραμέτρων που θα εξεταστούν και πως αυτά βελτιώνονται μέσα από την προπόνηση.

**Δημοσίευση δεδομένων - αποτελεσμάτων:** Η συμμετοχή σου στην έρευνα συνεπάγεται ότι συμφωνείς με τη δημοσίευση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της, με την προϋπόθεση ότι οι πληροφορίες θα είναι ανώνυμες και δε θα αποκαλυφθούν τα ονόματα των συμμετεχόντων. Τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν θα κωδικοποιηθούν με αριθμό, ώστε το όνομα σου δε θα φαίνεται πουθενά.

**Πληροφορίες:** Μη διστάσεις να κάνεις ερωτήσεις γύρω από το σκοπό, τον τρόπο πραγματοποίησης της εργασίας ή τον υπολογισμό της λειτουργικής σου ικανότητας. Αν έχεις κάποιες αμφιβολίες ή ερωτήσεις, ζήτησέ μας να σου δώσουμε πρόσθετες εξηγήσεις.

**Ελευθερία συναίνεσης:** Η άδειά σου να συμμετάσχεις στην εργασία είναι εθελοντική. Είσαι ελεύθερος να μην συναινέσεις ή να διακόψεις τη συμμετοχή σου όποτε επιθυμείς.

Ενημερώθηκα και κατανοώ τις διαδικασίες που θα εκτελέσω. Συναίνω να συμμετέχω στην εργασία.

Ημερομηνία: \_\_\_/\_\_\_/2011

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή κηδεμόνα

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή

Υπογραφή ερευνητή

παρατηρητή

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή  
συμμετέχοντος

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή Προέδρου

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή

Υπογραφή ερευνητή

Κολυμβητικού Συλλόγου

παρατηρητή

### Υπεύθυνη Δήλωση

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Σταύρου Βασίλειος, 08/09 (ονοματεπώνυμο - ΑΕΜ), μεταπτυχιακός/ή φοιτητής/τρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών « Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

δηλώνω υπεύθυνα ότι αποδέχομαι τους παρακάτω όρους που αφορούν

(α) στα πνευματικά δικαιώματα της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (ΜΔΕ)μου με τίτλο **«Η επίδραση της προπόνησης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής στους καρδιακούς δείκτες και την αθλητική απόδοση»**

(β) στη διαχείριση των ερευνητικών δεδομένων που θα συλλέξω στην πορεία εκπόνησής της:

1. Τα πνευματικά δικαιώματα του τόμου της μεταπτυχιακής διατριβής που θα προκύψει θα ανήκουν σε μένα. Θα ακολουθήσω τις οδηγίες συγγραφής, εκτύπωσης και κατάθεσης αντιτύπων της διατριβής στα ανάλογα αποθετήρια (σε έντυπη ή/και σε ηλεκτρονική μορφή).

2. Η διαχείριση των δεδομένων της διατριβής ανήκει από κοινού σε εμένα και στον/στην πρώτο επιβλέποντα -ουσα καθηγητή -τριας.

3. Οποιαδήποτε επιστημονική δημοσίευση ή ανακοίνωση (αναρτημένη ή προφορική), ή αναφορά που προέρχεται από το υλικό/δεδομένα της εργασίας αυτής θα γίνεται με συγγραφείς εμένα τον ίδιο, τον/την κύριο-α επιβλέποντα -ουσα ή και άλλους ερευνητές (όπως πχ μέλους -ών της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής), ανάλογα με τη συμβολή τους στην έρευνα ή στη συγγραφή των ερευνητικών εργασιών.

4. Η σειρά των ονομάτων στις επιστημονικές δημοσιεύσεις ή επιστημονικές ανακοινώσεις θα αποφασίζεται από κοινού από εμένα και τον/την κύριο -α επιβλέποντα -ουσα της εργασίας, πριν αρχίσει η εκπόνησή της. Η απόφαση αυτή θα πιστοποιηθεί εγγράφως μεταξύ εμού και του/της κ. επιβλέποντα -ουσας.

**Τέλος, δηλώνω ότι γνωρίζω τους κανόνες περί λογοκλοπής και πνευματικής ιδιοκτησίας και ότι θα τους τηρώ απαρέγκλιτα καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης και κάλυψης των εκπαιδευτικών υποχρεώσεων που προκύπτουν από το ΠΜΣ/τμήμα, αλλά και των διαδικασιών δημοσίευσης που θα προκύψουν μετά την ολοκλήρωση των σπουδών μου.**

[-5 Φεβρουαρίου 2013-]

Ο δηλών

Σταύρου Βασίλειος