



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ**  
**ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΥΓΕΙΑΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης σε εφήβους αθλητές  
και αθλήτριες**

Κάλφας Χρυσόστομος  
Νοσηλεύτης

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Καρέτση Ελένη**, Επιμελήτρια Β', Πνευμονολόγος, Πανεπιστημιακή Πνευμονολογική Κλινική Λάρισας, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

**Δανιήλ Ζωή**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Σχολή Επιστημών Υγείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

**Χατζόγλου Χρυσή**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσιολογίας, Εργαστήριο Φυσιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Σχολή Επιστημών Υγείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

**Λάρισα, 2014**

© 2014

Κάλφας Χρυσόστομος

All Rights Reserved

## **Ευχαριστίες**

Για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με στήριξαν σε αυτή την προσπάθεια μου. Την επιβλέπουσα κα Καρέτση Ελένη για τις συμβουλές και την υποστήριξη της κατά τη συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας ακόμα τις κες Δανιήλ Ζωή και Χατζόγλου Χρυσή καθώς επίσης και τον επιστημονικό συνεργάτη του εργαστηρίου εργοσπιρομετρίας κο Σταύρου Βασίλειο που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Πανεπιστημιακή Πνευμονολογική Κλινική Λάρισας, το εργαστήριο εργοσπιρομετρίας καθώς και όλους τους αθλητές που εθελοντικά συμμετείχαν στο πρωτόκολλο.

## Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης σε εφήβους αθλητές και αθλήτριες

### Περίληψη

Η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κοπώσεως (ΚΑΔΚ) χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η λειτουργία του οργανισμού από την ηρεμία στην έντονη άσκηση. Σκοπός της μελέτης είναι να προβεί στον έλεγχο των καρδιακών και αναπνευστικών παραμέτρων μεταξύ αθλητών και αθλητριών τεχνικής κολύμβησης κατά τη ΚΑΔΚ σε κυκλοεργόμετρο με στόχο τη διερεύνηση της ανταπόκρισης του καρδιαγγειακού και αναπνευστικού συστήματος στην άσκηση, καθώς τον προληπτικό έλεγχο για καρδιακά και αναπνευστικά προβλήματα. Στη μελέτη μας μετείχαν 12 κολυμβητές-τριες, ηλικίας  $15,5 \pm 1,1$  έτη, (αγόρια  $n=6$ , κορίτσια  $n=6$ ). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα αγόρια εμφανίζουν μεγαλύτερη μέγιστη πρόσληψη  $O_2$  ( $VO_{2max}$ ,  $p<0,05$ ), μεγαλύτερο αναπνεόμενο όγκο [στην ηρεμία ( $p<0,05$ ), στο αναπνεόμενο αναπνευστικό κατώφλι (AAT:  $p<0,05$ ) και στη  $VO_{2max}$  ( $p<0,05$ )], μεγαλύτερη αναπνευστική εφεδρεία ( $p<0,05$ ) και μεγαλύτερο  $O_2$  παλμού [στην ηρεμία ( $p<0,05$ ), στο AAT ( $p<0,05$ ) και στο  $VO_{2max}$  ( $p<0,05$ )] σε σχέση με τα κορίτσια. Οι υψηλότερες τιμές που παρατηρήθηκαν στα αγόρια πιθανόν να οφείλονται στη διαφορά που υπάρχει στη σκελετική μάζα, στο μεγαλύτερο μέγεθος καρδιάς και στη μεγαλύτερη πνευμονική χωρητικότητα και πιθανόν να επηρεάζονται από την διαφορετική ορμονική λειτουργία που παρατηρείται στις ηλικίες αυτές.

**Λέξεις κλειδιά:** Υπομέγιστη και μέγιστη άσκηση, τεχνική κολύμβηση

## Cardiopulmonary exercise testing in adolescent athletes

### Abstract

Cardiopulmonary exercise testing (CPET) allows simultaneous evaluation of the ability of the cardiovascular and ventilatory systems to perform their major function, that is, gas exchange between the cells and the environment. The aim of this study was to provide information about the response of the cardiovascular and ventilatory system to exercise during CPET in young athletes (boys and girls), in order to investigate differences between two sexes, as well as to screen for cardiac and respiratory problems. 12 finswimming athletes participated in our study (age  $15,5 \pm 1,1$  years; boys  $n=6$ , girls  $n=6$ ). According to the results, the boys showed a greater maximal  $O_2$  uptake ( $VO_{2max}$ ,  $p < 0,05$ ), tidal volume [at resting ( $p < 0,05$ ), at respiratory anaerobic threshold (AT:  $p < 0,05$ ) and at  $VO_{2max}$  ( $p < 0,05$ )], breathing reserve ( $p < 0,05$ ) and  $O_2$  pulse [at resting ( $p < 0,05$ ), at AT ( $p < 0,05$ ) and at  $VO_{2max}$  ( $p < 0,05$ )] than girls. The highest values that were observed in boys may be due to the difference in skeletal mass, heart size and lung capacity that have been described in male sex, which may be affected by the different hormonal effect observed in this age.

**Key words:** Submaximal and maximal exercise, finswimming

## Περιεχόμενα

Σύμβολα και συντμήσεις ορισμών .....	8
Κατάλογος πινάκων.....	9
Κατάλογος σχημάτων .....	10
Κατάλογος εικόνων .....	11
Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης .....	12
Τεχνική κολύμβηση .....	13
Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	14
Αθλητική απόδοση.....	14
Καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές της άσκησης .....	15
Σκοπός.....	20
Υποθέσεις .....	20
Μεθοδολογία .....	22
Σχεδιασμός της μελέτης .....	23
Συλλογή δεδομένων.....	23
Σωματομετρικά χαρακτηριστικά .....	23
Σωματική μάζα.....	23
Ανάστημα.....	23
Επιφάνεια σώματος.....	23
Δείκτης μάζας σώματος .....	23
Σύσταση σώματος.....	24
Σωματικό λίπος .....	24
Λειτουργικά χαρακτηριστικά .....	25
Υπερηχογράφημα μυοκαρδίου .....	25
Έλεγχος της αναπνοής - σπυρομέτρηση .....	25
Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης (ΚΑΔΚ) .....	26
Πρωτόκολλο άσκησης .....	27
Αρτηριακή πίεση.....	27
Ηλεκτροκαρδιογράφημα:.....	27
Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου.....	27
Παράμετροι αναπνευστικού ελέγχου .....	28

Καθορισμός βιολογικής ωρίμανσης .....	28
Προπονητική ηλικία .....	28
Στατιστική ανάλυση .....	29
Αποτελέσματα .....	30
<i>Αερόβια και αναερόβια ικανότητα κατά τη δοκιμασία κόπωσης</i> .....	30
<i>Αναπνευστικοί παράμετροι ελέγχου κατά τη δοκιμασία κόπωσης</i> .....	30
<i>Σπιρομέτρηση</i> .....	32
<i>Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου</i> .....	32
<i>Καρδιακοί παράμετροι ελέγχου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης</i> .....	33
<i>Μέγιστο έργο</i> .....	35
<i>Έλεγχος του μυοκαρδίου</i> .....	35
<i>Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος</i> .....	36
Συζήτηση .....	37
Μεταβολές κατά την άσκηση .....	37
<i>Καρδιοαναπνευστικές διαφορές στις παραμέτρους ελέγχου κατά τη δοκιμασία κόπωσης</i> .	38
<i>Διαφορές στην ισχύ κατά τη ΚΑΔΚ</i> .....	40
<i>Διαφορές στον έλεγχο του μυοκαρδίου</i> .....	41
<i>Διαφορές στον λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής - σπιρομέτρηση</i> .....	42
<i>Διαφορές στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά</i> .....	43
Συμπεράσματα .....	44
Βιβλιογραφία .....	45
Παράρτημα .....	52
<i>Σχέση καρδιακής και αναπνευστικής συχνότητας</i> .....	52
<i>Δήλωση συγκατάθεσης για συμμετοχή στη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης</i> ..	53

## Σύμβολα και συντμήσεις ορισμών

---

<b>AT</b>	Αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι
<b>VO<sub>2max</sub></b>	Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου
<b>BMI</b>	Δείκτης μάζας σώματος
<b>BSA</b>	Επιφάνεια σώματος
<b>FEV<sub>1</sub></b>	Ταχέως εκπνεόμενος όγκος αέρα στο πρώτο δευτερόλεπτο
<b>FVC</b>	Ταχέως εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα
<b>MVV</b>	Μέγιστος εκούσιος αερισμός
<b>P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub></b>	Τελοεκπνευστική πίεση διοξειδίου του άνθρακος
<b>P<sub>ET</sub>O<sub>2</sub></b>	Τελοεκπνευστική πίεση οξυγόνου
<b>Bre. Res</b>	Αναπνευστική εφεδρεία, VE/MVV
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	Αναπνευστικό ισοδύναμο για το CO <sub>2</sub>
<b>f<sub>β</sub></b>	Συχνότητα αναπνοής
<b>V<sub>E</sub></b>	Αναπνεόμενο όγκος αέρα
<b>HR</b>	Καρδιακή συχνότητα
<b>DBP</b>	Διαστολική αρτηριακή πίεση
<b>SBP</b>	Συστολική αρτηριακή πίεση
<b>O<sub>2</sub> pulse</b>	Οξυγόνο παλμού
<b>EDV</b>	Τελοδιαστολικός όγκος
<b>ESV</b>	Τελοσυστολικός όγκος
<b>EF</b>	Κλάσμα εξώθησης
<b>SV</b>	Όγκος παλμού
<b>MV E/A</b>	Κύμα E προς κύμα A
<b>AV Vmax</b>	Μέγιστη ταχύτητα αορτικής βαλβίδας
<b>IVS</b>	Πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος
<b>LVID</b>	Διάμετρος της αριστερής κοιλίας
<b>LVPW</b>	Οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας
<b>Wmax</b>	Μέγιστη ισχύ σε watts

---



## Κατάλογος πινάκων

	Τίτλος	Σελίδα
<b>Πίνακας 1</b>	Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά εξεταζόμενων αθλητών	22
<b>Πίνακας 2</b>	Αποτελέσματα αναπνευστικών παραμέτρων ελέγχου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια σε τρία στάδια καταγραφής.	31
<b>Πίνακας 3</b>	Παράθεση παραμέτρων ελέγχου κατά την αξιολόγηση με σπιρομέτρηση	32
<b>Πίνακας 4</b>	Παράθεση κορεσμού αρτηριακού οξυγόνου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης	32
<b>Πίνακας 5</b>	Αποτελέσματα καρδιακών παραμέτρων ελέγχου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια σε τρία στάδια καταγραφής	34
<b>Πίνακας 4</b>	Αποτελέσματα υπερηχοκαρδιογραφικής εξέτασης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια.	36

## Κατάλογος σχημάτων

	Τίτλος	Σελίδα
<b>Σχήμα 1</b>	Διαφορές στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια.	30
<b>Σχήμα 2</b>	Μεταβολές του O <sub>2</sub> παλμού στα τρία στάδια καταγραφής κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα στις δυο ομάδες.	34
<b>Σχήμα 3</b>	Διαφορές ρυθμού έργου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια	35
<b>Σχήμα 4</b>	Σχέση καρδιακής και αναπνευστικής συχνότητας	52

## Κατάλογος εικόνων

	Τίτλος	Σελίδα
<b>Εικόνα 1</b>	Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης σε κυκλοεργόμετρο	13
<b>Εικόνα 2</b>	Κολύμβηση στυλ επιφανείας στο άθλημα της τεχνική κολύμβηση	13

## Εισαγωγή

### Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης

Η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κοπώσεως (ΚΑΔΚ) είναι μία πολύ χρήσιμη εξέταση με την οποία συλλέγουμε πληροφορίες για τη λειτουργία όχι μόνο της καρδιάς και των πνευμόνων, αλλά και για το σύνολο του οργανισμού, τόσο κατά την ηρεμία αλλά κυρίως κατά την άσκηση (Εικόνα 1). Στην κλινική πράξη χρησιμοποιείται στη διάγνωση, στην εκτίμηση της ικανότητας για άσκηση, στην εκτίμηση της βαρύτητας και της πρόγνωσης διαφόρων νοσημάτων, καθώς και στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της ακολουθούμενης θεραπείας. Χρησιμοποιείται επίσης σε όλα τα επαγγελματικά αθλητιατρικά κέντρα για την εκτίμηση της φυσικής κατάστασης των αθλητών. Η ΚΑΔΚ είναι πλέον μια καλά μελετημένη και καταξιωμένη μέθοδος εκτίμησης του επιπέδου φυσικής κατάστασης των αθλητών και με τα στοιχεία που παρέχει χρησιμεύει σαν οδηγός για τη συνταγογράφηση προγραμμάτων προπόνησης.

Η δοκιμασία διενεργείται σε εργομετρικό ποδήλατο (κυκλοεργόμετρο) ή κυλιόμενο τάπητα και καταγράφονται μετρήσεις από το καρδιαγγειακό, το αναπνευστικό, το κυκλοφορικό και το μυοσκελετικό σύστημα, μέσα σε ένα αυστηρά προκαθορισμένο πρωτόκολλο διαβαθμισμένης αύξησης του. Στους αθλητές η ΚΑΔΚ προσφέρει εκτός από τον έλεγχο της φυσικής κατάστασης, έλεγχο της αποτελεσματικότητας της προπόνησης σε διαδοχικές μετρήσεις, καθορισμό του είδους της άσκησης (αερόβια, αναερόβια), του προπονητικού προγράμματος και της βέλτιστης έντασης της άσκησης.



**Εικόνα 1.** Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης σε κυκλοεργόμετρο

### Τεχνική κολύμβηση

Η τεχνική κολύμβηση (TK) είναι άθλημα πισίνας (Εικόνα 2) και χαρακτηρίζεται από τον 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 (CMAS, 2010). Η προπόνηση των αθλητών της TK έχει την ίδια δομή με 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).



**Εικόνα 1.** Κολύμβηση στυλ επιφανείας στο άθλημα της τεχνική κολύμβηση

## Γενικό Μέρος

### Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

#### Αθλητική απόδοση

Η αθλητική απόδοση επηρεάζεται από τις προσαρμογές που επέρχονται κατά τη διάρκεια της άσκησης 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.. Οι μεταβολές, αποτέλεσμα μακρόχρονης προπόνησης που παρατηρείται να επηρεάζουν το καρδιαγγειακό σύστημα σχετίζονται με τον όγκο παλμού, το κλάσμα εξώθησης, την αύξηση της μάζας της αριστερής κοιλίας και τη μάζα της καρδιάς καθώς και τον τελοσυστολικό και τελοδιαστολικό όγκο (Triposkiadis et al., 2002; Iemitsu et al., 2003; Ayabakan et al., 2006). Σύμφωνα με τους Lemaitre και συνεργάτες (2009), οι μεταβολές που επηρεάζουν το αναπνευστικό σύστημα σχετίζονται με τον αναπνεόμενο όγκο αέρα, τον ταχέως εκπνεόμενο όγκο αέρα στο 1s και την ταχέως εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Woorons και συνεργάτες (2008), Alentejano και συνεργάτες (2010) και Woorons και συνεργάτες (2011) παρατηρούνται άμεσες ανταποκρίσεις κατά την άσκηση που επηρεάζουν την διαστολική και συστολική αρτηριακή πίεση, την καρδιακή συχνότητα, τον κορεσμό αρτηριακού οξυγόνου και τον πνευμονικό όγκο.

## Καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές της άσκησης

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η άσκηση προκαλεί αύξηση στην FEV<sub>1</sub> (Santaella et al., 2011; Mullur et al., 2012) και ενισχύει τους αναπνευστικούς μύες με αποτέλεσμα μεγαλύτερης ικανότητας εκπνοής (Thombre et al., 1992; Volianitis et al., 2001). Η μεγαλύτερη δραστηριότητα των αναπνευστικών μυών επηρεάζει θετικά την αθλητική απόδοση (Woorons et al., 2007). Ακόμα έχει παρατηρηθεί πως η αύξηση του όγκου των πνευμόνων και της περιφέρειας θώρακος είναι παράμετροι που επηρεάζονται από τη συχνότητα και τον όγκο αέρα κατά τις αναπνευστικές κινήσεις (Guenette et al., 2009; DePalo et al., 2004).

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. Σύμφωνα με τους Fuster και συνεργάτες (1977), η υπερτροφία του καρδιακού μυός είναι ένα συχνό φαινόμενο σε άτομα που κάνουν χρόνια άσκηση. Η μακροχρόνια επίδραση της άσκησης στην υπερτροφία της αριστερής κοιλίας (Nishimura et al., 1980), που εμφανίζεται σε νεαρούς αθλητές που κάνουν εντατική και μακροχρόνια άσκηση, σχετίζεται με την αύξηση του οπίσθιου τοιχώματος της αριστερής κοιλίας. Ο Venckunas και συνεργάτες (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 αύξηση στους αθλητές σε σχέση με την ομάδα ελέγχου στο πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη διαστολή και στο οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας. Η μάζα της αριστερής κοιλίας όλων των αθλητών σε σχέση με το οπίσθιο

τοίχωμα της αριστερής κοιλίας εμφανίστηκε υψηλότερη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου στους καλαθοσφαιριστές, κολυμβητές, ποδηλάτες και αθλητές δυναμικών αθλημάτων. Μεταξύ των αθλητών, οι μικρότερες τιμές στο πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στη συστολή παρατηρήθηκαν στους δρομείς μεσαίων αποστάσεων συγκριτικά με τους καλαθοσφαιριστές, ποδηλάτες, κολυμβητές και αθλητές δυναμικών αθλημάτων. Προέκυψε το συμπέρασμα πως η σχετική διάμετρος της αριστερής κοιλίας αυξήθηκε σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων σε σύγκριση με τους καλαθοσφαιριστές, ποδηλάτες και αθλητές δυναμικών αθλημάτων. Ακόμα, ο τύπος άσκησης παρατηρείται να επηρεάζει το πάχος στο οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας ώστε να αυξηθεί ομόκεντρα ή έκκεντρα. Οι αθλητές που συμμετέχουν σε ισομετρική άσκηση εμφανίζουν φυσιολογικό τελοδιαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας αλλά αυξημένο πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος.

Ο Rowland και συνεργάτες (2009), μελέτησαν κολυμβητές και μη κολυμβητές και δεν διαπίστωσαν διαφορές ανάμεσα στη συστολική ή διαστολική λειτουργία της καρδιάς στις δυο ομάδες. Η διάρκεια της προπόνησης σχετίζεται με τις μορφολογικές προσαρμογές της αριστερής κοιλίας συμπεριλαμβανομένης και της αύξησης του πάχους του τοιχώματος (Haykowsky et al., 1998). Ο Triposkiadis και συνεργάτες (2002), σε μελέτη τους κατέγραψαν προσαρμογή του καρδιακού μυός σε κολυμβητές που έκαναν συστηματική προπόνηση και συγκεκριμένα μια ήπια αύξηση των διαστάσεων της αριστερής κοιλίας, χωρίς όμως σημαντικές αλλαγές στο οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας. Ωστόσο έχει παρατηρηθεί ομόκεντρη αύξηση στο πάχος του τοιχώματος της αριστερής κοιλίας σε κολυμβητές μετά από αερόβια άσκηση χωρίς να υπάρχει σημαντική μεταβολή στην διαστολική διάμετρο της αριστερής κοιλίας (Ayabakan et al., 2006).

Σύμφωνα με τον Turley (1997) το καρδιαγγειακό σύστημα των παιδιών ανταποκρίνεται διαφορετικά από ό, τι εκείνο ενός ενήλικα κατά την άσκηση, αν και οι



μηχανισμοί πίσω από τις διαφορές αυτές είναι ασαφείς. Κατά τη διάρκεια της δυναμικής άσκησης, έχει αναφερθεί ότι η καρδιακή συχνότητα ανταποκρίνεται γρηγορότερα στα παιδιά από τους ενήλικες. Επιπλέον κατά τη φάση της αποκατάστασης η καρδιακή συχνότητα είναι ταχύτερη στα παιδιά. Κατά τη διάρκεια της υπομέγιστης άσκησης παρατηρείται μικρότερος ο όγκος παλμού και συνεπώς καρδιακή παροχή ενώ στη μέγιστη ένταση της άσκησης η καρδιακή συχνότητα είναι υψηλότερη σε σχέση με του ενήλικα. Οι διαφορές στις καρδιαγγειακές ανταποκρίσεις στην άσκηση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών σχετίζονται με μια χαμηλότερη καρδιακή συχνότητα στα κορίτσια και υψηλότερο όγκο παλμού στα αγόρια όπως αυτές παρατηρούνται σε άσκηση με σταθερή αντίσταση. Οι διαφορές αυτές φαίνεται να σχετίζονται με τη μεγαλύτερη καρδιά που έχουν τα αγόρια.

Σύμφωνα με τους Akdur και συνεργάτες (2009) κατά τη διάρκεια της άσκησης η αύξηση της συστολικής αρτηριακής πίεσης σχετίζεται με την ηλικία και είναι πιο εμφανής αυτή η σχέση κατά την εφηβεία. Η μέγιστη συστολική αρτηριακή πίεση σπάνια φτάνει στα 200 mmHg σε παιδιά ενώ η αύξηση αυτή σχετίζεται επιπλέον και με την επιφάνεια σώματος. Σύμφωνα με τους Maffulli και συνεργάτες (1997) παρατηρείται μια γραμμική σχέση μεταξύ μέγιστης συστολικής αρτηριακής πίεσης και ηλικίας, διάρκειας άσκησης και έργου, ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

#### Αερόβια - αναερόβια ικανότητα

Η αερόβια ικανότητα ή μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) είναι ένας γενικός δείκτης της λειτουργικής προσαρμοστικότητας του οργανισμού και τη μετράμε για να σταθμίσουμε τη βιολογική αξία ενός ατόμου. Η κατανάλωση  $O_2$  αυξάνεται ανάλογα με την ένταση του μυϊκού έργου και η σχέση αυτή είναι γραμμική μέχρι το σημείο στο οποίο

διαδέχεται μια διαγραμματική επιπέδωση που αφορά τη καμπύλη της πρόσληψης  $O_2$  (Κλεισούρας, 1997)

Η αερόβια ικανότητα εκφράζει την καρδιοαναπνευστική αντοχή που μπορεί να έχει ένα άτομο ώστε να εκτελεί υπομέγιστης έντασης άσκηση για μεγάλη διάρκεια κάτω από ένα επαρκές ενεργειακό ισοζύγιο  $O_2$  μεταξύ πρόσληψης και κατανάλωσής του το οποίο διακρίνεται σε μέγιστης, υψηλής και χαμηλής αερόβιας ικανότητας. Η μέγιστη αερόβια ικανότητα εκφράζει τα όρια της επάρκειας μεταφοράς  $O_2$  και είναι ισοδύναμη με τη  $VO_{2max}$ . Η υψηλή αερόβια ικανότητα εκφράζει την μέγιστη χρησιμοποίηση και κατανάλωση του  $O_2$  από τους εργαζόμενους μύες, χωρίς τη συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού και υποδηλώνεται ως το αναερόβιο κατώφλι του μεταβολισμού ενώ η χαμηλή αερόβια ικανότητα εκφράζει την άνετη χρησιμοποίηση και κατανάλωση του  $O_2$  από τους εργαζόμενους μύες, προκαλούμενη από το ελαφρύτερο, από άποψης επιβάρυνσης, ερέθισμα ικανό όμως να προκαλέσει λειτουργικές προσαρμογές.

Αναερόβια ικανότητα ορίζεται ως η ικανή εκτέλεση ενός σύντομου σε διάρκεια, αλλά μέγιστου σε ένταση έργου, κάτω από συνθήκες έλλειψης  $O_2$  που εκφράζει τη τιμή της μέγιστης δύναμης που εφαρμόζεται στη μονάδα του χρόνου. Η αναερόβια μυϊκή αντοχή που εκφράζει τη τιμή της μέσης μέγιστης συνολικής δύναμης εφαρμόζεται σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα.

Ο αναερόβιος μηχανισμός χωρίζεται σε αγαλακτικό και γαλακτικό. Ο αναερόβιος αγαλακτικός μηχανισμός απελευθερώνει μυϊκή ενέργεια κατά τη διάσπαση δεσμών υψηλής ενέργειας χωρίς να καταναλώνεται  $O_2$  και χωρίς να παράγεται γαλακτικό οξύ. Αντίθετα ο αναερόβιος γαλακτικός μηχανισμός απελευθερώνει μυϊκή ενέργεια κατά την αποδόμηση του γλυκογόνου στην αναερόβια γλυκόλυση χωρίς να καταναλώνεται  $O_2$  με παραγωγή όμως γαλακτικού οξέος (Κλεισούρας, 1997).

## Διαφορετική επίδραση των ορμονών σε αγόρια και κορίτσια

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα αγόρια και στα κορίτσια κατά την παιδική ηλικία στα σωματομετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά. Η περίοδος της προεφηβείας - εφηβείας είναι αυτή στην οποία εμφανίζονται σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα. Η εφηβεία των αγοριών αρχίζει στα 14 έτη ενώ των κοριτσιών στα 12 έτη. Η βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο φύλα εντοπίζεται στη δράση των ορμονών όπου σύμφωνα με τον Δεληγιάννη (1997), η αυξητική ορμόνη, οι θυρεοειδικές ορμόνες και λιγότερο η ινσουλίνη, έχουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και στην δημιουργία διαφορών ανάμεσά τους. Η αυξητική ορμόνη εκκρίνεται από την υπόφυση και ρυθμίζει το ρυθμό αύξησης του σώματος με μεταβολική δράση των πρωτεϊνών, υδατανθράκων και του λίπους. Η θυρεοειδικές ορμόνες έχουν επίσης σημαντικό ρόλο στον ρυθμό ανάπτυξης του σώματος και την ωρίμανση των οργάνων καθώς ρυθμίζουν την έκκριση της αυξητικής ορμόνης όπως και η ινσουλίνη η οποία έχει μια πιο έμμεση δράση. Αποτέλεσμα των ορμονικών μεταβολών είναι τα αγόρια να έχουν ψηλότερο σώμα και πιο ανεπτυγμένο το μυϊκό τους σύστημα ενώ διαθέτουν μικρότερο ποσοστό σωματικού λίπους.

Οι ορμόνες επιφέρουν αλλαγές στα επίπεδα της προγεστερόνης και οιστρογόνων κατά τη διάρκεια του εμμηνορροϊκού κύκλου. Οι μεταβολές αυτές μπορούν να επηρεάσουν την πνευμονική λειτουργία κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η προγεστερόνη επηρεάζει την πνευμονική λειτουργία με την αύξηση του αερισμού συμβάλλοντας στην αποβολή CO<sub>2</sub> και επηρεάζοντας τους κεντρικούς χημειούποδοχείς με συνέπεια την αύξηση της συχνότητας αναπνοής κατά τη διάρκεια της άσκησης (Moore et al., 1987).

## Σκοπός

Σκοπός της μελέτης είναι να προβεί στον έλεγχο των καρδιακών και αναπνευστικών παραμέτρων μεταξύ αθλητών και αθλητριών τεχνικής κολύμβησης κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης σε κυκλοεργόμετρο ώστε να καταγραφούν και να αναλυθούν διαφορές που θα προκύψουν μεταξύ των δυο φύλων. Επιπρόσθετος σκοπός είναι η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης σε συνδυασμό με το υπερηχογράφημα καρδιάς, να αποτελέσει έναν προληπτικό έλεγχο για καρδιακά και αναπνευστικά προβλήματα στους Θεσσαλούς αθλητές.

## Υποθέσεις

*1<sup>η</sup> υπόθεση:* Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, στη σύσταση σώματος, στην ημερολογιακή, βιολογική και προπονητική ηλικία.

*2<sup>η</sup> υπόθεση:* Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στον λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής (ταχέως εκπνεόμενου όγκου αέρα σε 1s, ταχέως εκπνεόμενης ζωτικής χωρητικότητας, εισπνευστική χωρητικότητα, μέγιστο εθελούσιο αερισμό).

*3<sup>η</sup> υπόθεση:* Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική 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, διάμετρος της αριστερής κοιλίας, οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας).

4<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στις καρδιακές παραμέτρους ελέγχου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης (καρδιακή συχνότητα, οξυγόνο παλμού, συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση) μεταξύ των δυο ομάδων

5<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αναπνευστικές παραμέτρους ελέγχου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης (κατά λεπτό αερισμός, αναπνεόμενος όγκος στην εκπνοή και εισπνοή, αναπνευστική συχνότητα, τελοεκνπνευστική πίεση διοξειδίου του άνθρακα, τελοεκνπνευστική πίεση οξυγόνο, αναπνευστικό ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, κλίση αερισμού ως προς το έργο και αναπνευστική εφεδρεία) μεταξύ των δυο ομάδων.

6<sup>η</sup> υπόθεση: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στο κορεσμό του αρτηριακού οξυγόνου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης.

## Ειδικό Μέρος

### Μεθοδολογία

Στη μελέτη μας μετείχαν 12 κολυμβητές-τριες, ηλικίας  $15,5 \pm 1,1$  έτη, ισοδύναμα χωρισμένα (Αγόρια,  $n=6$ ; Κορίτσια,  $n=6$ ). Οι αθλητές είχαν ελεύθερο ιστορικό καρδιαγγειακού ή αναπνευστικού νοσήματος και δεν ακολουθούσαν κάποια φαρμακευτική αγωγή. Ενημερώθηκαν για τους στόχους, τους κίνδυνους και τη διαδικασία της μελέτης και έδωσαν γραπτή συγκατάθεση συμμετοχής οι κηδεμόνες τους. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δυο ομάδων παρουσιάζονται στο Πίνακα 1. Οι συμμετέχοντες ήταν συναθλητές και ακολουθούσαν κοινή προπόνηση.

**Πίνακας 1.** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά εξεταζόμενων αθλητών (Mean  $\pm$  Sd).

		<b>Αγόρια (n=6)</b>	<b>Κορίτσια (n=6)</b>
Ηλικία	yrs	15,2 $\pm$ 1,2	15,8 $\pm$ 0,9
Ανάστημα	cm	173,8 $\pm$ 4,9	168,8 $\pm$ 2,3
Βάρος σώματος	kg	63,5 $\pm$ 9,1	56,8 $\pm$ 5,3
Δείκτης μάζας σώματος	kg/height <sup>2</sup>	20,9 $\pm$ 2,2	20 $\pm$ 1,9
Επιφάνεια σώματος	m <sup>2</sup>	1,5 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,1
Σωματικό λίπος	%	11,6 $\pm$ 4,5	13,9 $\pm$ 1,6
Προπονητική ηλικία	yrs	5,5 $\pm$ 1,4	6,0 $\pm$ 1,2

## Σχεδιασμός της μελέτης

Ο σχεδιασμός της μελέτης περιλάμβανε μια μέτρηση σε δύο ομάδες (αγόρια και κορίτσια). Ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν το φύλο και εξαρτημένες μεταβλητές ήταν οι αναπνευστικές και καρδιακές παράμετροι κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε αρχικά την αξιολόγηση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών και την υπερηχοκαρδιογραφική εκτίμηση και έπειτα από 48 ώρες οι αθλητές ελέγχθηκαν στο λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής και στη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωση (ΚΑΔΚ).

## Συλλογή δεδομένων

### Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

Σωματική μάζα: Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας τύπου Wuander San 150 και η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 0,5 kg. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες των Pyne και συνεργάτες (2000).

Ανάστημα: Το ανάστημα μετρήθηκε σε αναστημόμετρο τύπου Wuander San 150 και η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 1 cm. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του Pyne και συνεργάτες (2000).

Επιφάνεια σώματος: Για τον υπολογισμό της επιφάνειας σώματος (Body Surface Area), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Mosteller (1987):  $BSA = [(\text{Ύψος}_{(cm)} \times \text{Βάρος}_{(kg)}) / 3600]^{1/2}$ .

Δείκτης μάζας σώματος: Για τον υπολογισμό του δείκτη μάζας σώματος (Body Mass Index), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:  $BMI = [\text{βάρος}_{(kg)} / \text{ύψος}_{(m)}^2]$ .

## Σύσταση σώματος

Σωματικό λίπος: Για τον προσδιορισμό της ποσοστιαίας αναλογίας σωματικού λίπους μετρήσαμε δερματοπτυχές 7 σημείων (στήθος, μεσομασχαλαία, τρικέφαλος βραχίονα, μεσοπλάτιος, κοιλιά, υπερλαγόνια και τετρακέφαλο). Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε 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):

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

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

\*όπου  $\delta$  ήταν το άθροισμα των δερματοπτυχών 7 σημείων.



## Λειτουργικά χαρακτηριστικά

### Υπερηχογράφημα μυοκαρδίου

Ο έλεγχος του μυοκαρδίου των αθλητών έγινε με υπερηχοκαρδιογραφική εξέταση (American Society of Echocardiography, Lopez et al., 2010) με τη μέθοδο M-mode (Vivid BT08, General Electric, USA). Οι καρδιακοί παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν ο τελοδιαστολικός όγκος αριστερής κοιλίας (EDV), ο τελοσυστολικός όγκος αριστερής κοιλίας (ESV), ο όγκος παλμού (SV), το κλάσμα εξώθησης (EF), το κύμα E προς κύμα A της μιτροειδούς βαλβίδας (MV E/A), η μέγιστη ταχύτητα αορτικής βαλβίδας (AV Vmax), το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος (IVS), η διάμετρος της αριστερής κοιλίας (LVID) και το οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας (LVPW).

Οι τιμές των παραμέτρων τελοδιαστολικού, τελοσυστολικού όγκου, όγκου παλμού και κλάσμα εξώθησης υπολογίστηκαν αυτόματα με τη χρήση Doppler ενώ οι τιμές των παραμέτρων κύμα E προς κύμα A μιτροειδούς βαλβίδας, μέγιστη ταχύτητα αορτικής βαλβίδας, πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος, διάμετρος αριστερής κοιλίας και οπίσθιο τοίχωμα αριστερής κοιλίας υπολογίστηκαν μηχανικά με τη χρήση του M-mode από 2D εικόνες καταγραφής. Η κάθε παράμετρος μετρήθηκε τρεις φορές και καταγράφηκε η μέση τιμή όπως προέκυπτε.

### Έλεγχος της αναπνοής - σπιρομέτρηση

Σπιρόμετρο τύπου Master Screen (VIASYS Health Care, Γερμανία) χρησιμοποιήθηκε για τη καταγραφή του ταχέως εκπνεόμενου όγκου αέρα σε 1s (FEV<sub>1</sub>), της ταχέως εκπνεόμενης ζωτικής χωρητικότητας (FVC), της εισπνευστικής χωρητικότητας (IC). Η τιμή

του μέγιστου εκούσιου αερισμού (MVV) υπολογίστηκε από τον τύπο  $FEV_1$  (απόλυτη τιμή)  $\times 37,5$ .

Οι μετρήσεις έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες της ATS/ERS (Miller et al., 2005).

#### Καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης (ΚΑΔΚ)

Η ΚΑΔΚ έγινε σε ηλεκτρονικό κυκλοεργόμετρο τύπου Ergoselect 100 (Ergoline, Germany). Για τη καταγραφή των αναπνευστικών και καρδιακών παραμέτρων κατά τη διεξαγωγή της δοκιμασίας χρησιμοποιήθηκε σπιρόμετρο τύπου Master Screen CPX (VIASYS Health Care, Germany). Η ΚΑΔΚ έγινε σε ηλεκτρονικό κυκλοεργόμετρο με τη μέθοδο της συνεχούς σταδιακής αύξησης της αντίστασης (ramp) για να προσδιοριστεί το αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι (ΑΑΚ) και η μέγιστη αερόβια ικανότητα ( $VO_{2max}$ ).

## Πρωτόκολλο άσκησης

Η προβλεπόμενη διάρκεια δοκιμασίας ήταν 22 min και αποτελούνταν από 4 στάδια. Στο 1<sup>ο</sup> στάδιο ή/ηρεμίας, διάρκειας 2 min, γινόταν καταγραφή των παραμέτρων ελέγχου με τον αθλητή σε κατάσταση ηρεμίας. Στο 2<sup>ο</sup> στάδιο ή/αναφοράς, διάρκειας 3 min, καταγράφονταν οι παράμετροι ελέγχου σε άσκηση χωρίς αντίσταση με ποδηλάτηση 60 στροφές/min με μια διακύμανση 55-65 κύκλους/min. Η ένδειξη των στροφών ανά λεπτό εμφανιζόταν αυτόματα και σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη του κυκλοεργόμετρου. Το 3<sup>ο</sup> στάδιο ή/δοκιμασίας είχε μέγιστη διάρκεια 12 min και καταγράφονταν οι παράμετροι ελέγχου με σταδιακά αυξανόμενη αντίσταση. Στο 4<sup>ο</sup> στάδιο ή/αποκατάστασης διάρκειας 5 min ο αθλητής ποδηλατούσε χωρίς αντίσταση. Η προβλεπόμενη αρχική επιβάρυνση ήταν 15 Watts και η προσαύξηση ήταν 20Watts ανά 1 min

Αρτηριακή πίεση: Η αρτηριακή πίεση (συστολική και διαστολική) κατά τη ΚΑΔΚ καταγράφονταν κάθε 2 min με αναλογικό πιεσόμετρο που διέθετε ενσωματωμένο ακουστικό, τύπου MAC (Japan), με περιστρεφόμενη βαλβίδα (D-Ring) και κλίμακα μέτρησης 0-300 mmHg και με ακρίβεια  $\pm 3$ mmHg.

Ηλεκτροκαρδιογράφημα: Ο ηλεκτροκαρδιογραφικός (ΗΚΓ) έλεγχος έγινε με καταγραφή 12 απαγωγών. Η καταγραφή γινόταν καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας (4 στάδια) και αποθήκευε αυτόματα τα δεδομένα κάθε 30s.

Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου: Ο κορεσμός του αρτηριακού οξυγόνου ( $O_2$ ) έγινε με παλμική οξυμετρία ( $SpO_2$ ), καθ' όλη τη διάρκεια της καρδιοαναπνευστικής δοκιμασίας κόπωσης (Master Screen CPX, VIASYS Health Care, Germany).

Παράμετροι αναπνευστικού ελέγχου: Οι αθλητές για την καταγραφή των παραμέτρων ελέγχου χρησιμοποίησαν μάσκα προσώπου ανοικτού τύπου με τοποθετημένη στη βάση της μάσκας βαλβίδα με αισθητήρα (Triple V). Η καταγραφή των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο breath by breath (Master Screen CPX, VIASYS Health Care, Germany). Οι παράμετροι που καταγράφηκαν ήταν ο κατά λεπτό αερισμός ( $V_E$ ), ο αναπνεόμενος όγκος στην εκπνοή ( $V_{Tex}$ ) και εισπνοή ( $V_{Tin}$ ), η αναπνευστική συχνότητα ( $f_B$ ), η τελοεκπνευστική πίεση διοξειδίου του άνθρακα ( $P_{ETCO_2}$ ) η τελοεκπνευστική πίεση οξυγόνου ( $P_{ETO_2}$ ), το αναπνευστικό ισοδύναμο  $CO_2$  ( $V_E/VCO_2$ ), η κλίση αερισμού ως προς το έργο ( $VO_2$  slope) και η αναπνευστική εφεδρεία (Breathing Reserve). Επιπλέον καταγράφονταν η καρδιακή συχνότητα (HR) και το οξυγόνου παλμού ( $O_2$  pulse).

### **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 εξεταζόμενου, γινόταν χωριστά αντιπαραθέτοντας τα χαρακτηριστικά των γεννητικών οργάνων του με πρότυπες φωτογραφίες των 5 σταδίων από τον πίνακα του Tanner (1962). Η συλλογή δεδομένων έγινε από εξεταστές αντίστοιχου φύλου.

### **Προπονητική ηλικία**

Ως προπονητική ηλικία ορίζεται η συστηματική ενασχόληση με το άθλημα. Στους εξεταζόμενους αυτής της μελέτης ως προπονητική ηλικία ορίσαμε την συστηματική ενασχόληση 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 καθορίστηκε από τα χρόνια ενασχόλησης με την τεχνική κολύμβηση.

### **Στατιστική ανάλυση**

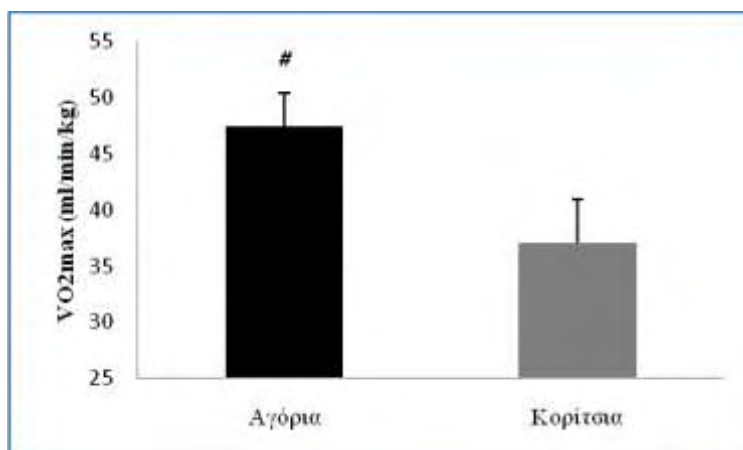
Χρησιμοποιήθηκε t-test για ανεξάρτητα δείγματα για να εξακριβωθεί εάν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταβλητών ελέγχου ανάμεσα στις δυο ομάδες (αγόρια και κορίτσια). Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 15 (SPSS inc., Chicago, Illinois, USA). Επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το  $p < 0,05$  και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μέσο όρο και τυπική απόκλιση (Mean $\pm$ Sd).

## Αποτελέσματα

### Αερόβια και αναερόβια ικανότητα κατά τη δοκιμασία κόπωσης

Στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $t_{(10)}=5,22$ ,  $p<0,01$ ;  $VO_{2max}$ , Σχήμα 1) με τα αγόρια να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές ( $M=47,4$ ,  $SD=3,01$  ml/min/kg) σε σχέση με τα κορίτσια ( $M=37,1$ ,  $SD=3,8$  ml/min/kg).

Δεν εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι ως προς το ποσοστό της μέγιστης τιμής  $VO_2$  ( $VO_2/VO_2$  max:  $p>0,05$ ) ούτε ως προς το ποσοστό του προβλεπόμενου  $VO_2$  ( $VO_2/VO_2$  pred:  $p>0,05$ ).



**Σχήμα 1.** Διαφορές στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια. # $p<0,01$  ανάμεσα στις ομάδες.

### Αναπνευστικοί παράμετροι ελέγχου κατά τη δοκιμασία κόπωσης

Στις αναπνευστικές παραμέτρους ελέγχου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο ομάδες στον αναπνεόμενο όγκο ( $V_T$ ) στην εκπνοή και εισπνοή, στα τρία στάδια καταγραφής, στη τελοεκπνευστική  $PCO_2$  στην ηρεμία και στην αναπνευστική εφεδρεία (Πίνακας 2).

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα αναπνευστικών παραμέτρων ελέγχου κατά τη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια στα τρία στάδια καταγραφής. Οι τιμές παρουσιάζονται σε μέσο όρο και τυπική απόκλιση (Mean±Sd).

			<b>Αγόρια</b>	<b>Κορίτσια</b>	<b>Διαφορά</b>	<b>P</b>
Ηρεμία	V <sub>E</sub>	%pred	10,6±3,3	11,8±3,5	1,3±0,2	NS
	V <sub>T</sub> ex	L	0,7±0,2	0,5±0,1	0,2±0,1	p<0,05
	V <sub>T</sub> in	L	0,7±0,1	0,5±0,1	0,2±/	p<0,05
	f <sub>β</sub>	%pred	40,9±11,6	54,4±13,5	13,5±1,9	NS
	P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub>	mmHg	4,9±0,3	4,3±0,2	2,6±0,3	p<0,05
	P <sub>ET</sub> O <sub>2</sub>	mmHg	4,9±0,3	4,3±0,2	0,7±0,1	NS
	V <sub>E</sub> /VCO <sub>2</sub>		30,7±2,7	33,3±3,0	2,6±0,3	NS
Αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι	V <sub>E</sub>	%pred	50,6±13,5	49,4±12,0	1,2±1,5	NS
	V <sub>T</sub> ex	L	1,8±0,3	1,5±0,2	0,4±0,1	p<0,05
	V <sub>T</sub> in	L	1,8±0,3	1,5±0,2	0,4±0,1	p<0,05
	f <sub>β</sub>	%pred	80,6±10,3	71,0±14,7	9,5±4,5	NS
	P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub>	mmHg	5,6±0,7	5,5±0,3	0,2±0,3	NS
	P <sub>ET</sub> O <sub>2</sub>	mmHg	15,1±4,5	13,6±1,6	1,5±02,9	NS
	V <sub>E</sub> /VCO <sub>2</sub>		25,2±2,3	25,9±1,8	0,7±0,5	NS
VO <sub>2</sub> slope	ml/min/Watt	11,5±1,6	10,6±1,1	0,9±0,5	NS	
Μέγιστη πρόσληψη O <sub>2</sub>	V <sub>E</sub>	%pred	91,7±20,1	73,3±9,7	18,3±10,4	NS
	V <sub>T</sub> ex	L	2,4±0,4	1,7±0,2	0,7±0,2	p<0,05
	V <sub>T</sub> in	L	2,4±0,4	1,7±0,2	0,7±0,2	p<0,05
	f <sub>β</sub>	%pred	97,2±13,9	90,5±10,6	6,7±3,3	NS
	P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub>	mmHg	5,3±0,6	5,3±0,5	/±0,1	NS
	P <sub>ET</sub> O <sub>2</sub>	mmHg	14,3±1,0	14,2±1,6	0,2±0,6	NS
	V <sub>E</sub> /VCO <sub>2</sub>		26,7±3,3	26,3±2,7	0,4±0,6	NS
VO <sub>2</sub> slope	ml/min/Watt	11,7±1,8	11,0±1,1	0,7±0,7	NS	
Breathing reserve		59,2±11,5	47,2±6,6	12±5	p<0,05	

V<sub>E</sub>: Αερισμός, V<sub>T</sub>: Αναπνεόμενος όγκος στην εκπνοή (ex) και εισπνοή (in), f<sub>β</sub>: Αναπνευστική συχνότητα, P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>: Τελοεκπνευστική πίεση διοξειδίου του άνθρακα, P<sub>ET</sub>O<sub>2</sub>: Τελοεκπνευστική πίεση οξυγόνου, V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub>: Αναπνευστικό ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub> slope: Κλίση αερισμού ως προς το έργο (Watts), Breathing reserve: Αναπνευστική εφεδρεία (VE/MVV)

### Σπιρομέτρηση

Από τα αποτελέσματα εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στον FEV<sub>1</sub> (p<0,05), στη FVC (p<0,05) και στον MVV (p<0,05) ανάμεσα στις δυο ομάδες (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3.** Παράθεση παραμέτρων ελέγχου κατά την αξιολόγηση με σπιρομέτρηση.

		<b>Αγόρια</b>	<b>Κορίτσια</b>	<b>Διαφορά</b>	<b>P</b>
FEV <sub>1</sub>	L	4,5±0,4	3,6±0,3	0,8±0,1	p<0,05
FVC	L	5,1±0,7	4,3±0,1	0,8±0,6	p<0,05
FEV <sub>1</sub>	%pred	117,2±11,01	119,8±8,3	2,7±2,7	NS
FVC	%pred	116,8±8,3	119±6,6	2,2±1,7	NS
IC	L	3,2±0,5	2,9±0,5	0,3±/	NS
MVV	L/min	167,5±14,8	136,4±10,6	31,1±4,3	p<0,05

FEV<sub>1</sub>: Ταχέως εκπνεόμενος όγκος το πρώτο δευτερόλεπτο (1s), FVC: Βίαιη ζωτική χωρητικότητα, IC: Εισπνευστική χωρητικότητα, MVV: Μέγιστος εκούσιος αερισμός.

### Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου

Από τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στον κορεσμό του αρτηριακού O<sub>2</sub> (SpO<sub>2</sub>, Πίνακας 4) ανάμεσα στις δυο ομάδες στην ηρεμία (p>0,05), στο αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι (p>0,05) και στη μέγιστη προσπάθεια (p>0,05).

**Πίνακας 4.** Κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης.

		<b>Αναπνευστικό αναερόβιο</b>	<b>Μέγιστη πρόσληψη</b>
	<b>Ηρεμία</b>	<b>κατώφλι</b>	<b>O<sub>2</sub></b>
Αγόρια	%	100±/	99,5±0,5
Κορίτσια	%	99,7±0,5	98,7±0,8
P		NS	NS



*Καρδιακοί παράμετροι ελέγχου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης*

Από τις καρδιακές παραμέτρους ελέγχου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης (Πίνακας 5) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο ομάδες στη καρδιακή συχνότητα κατά τη μέγιστη προσπάθεια ( $t_{(10)}=2,68$ ,  $p<0,05$ , Αγόρια,  $M=189,1$ ,  $SD=6,6$ , Κορίτσια,  $M=178,8$ ,  $SD=6,7$  beats/min<sup>-1</sup>).

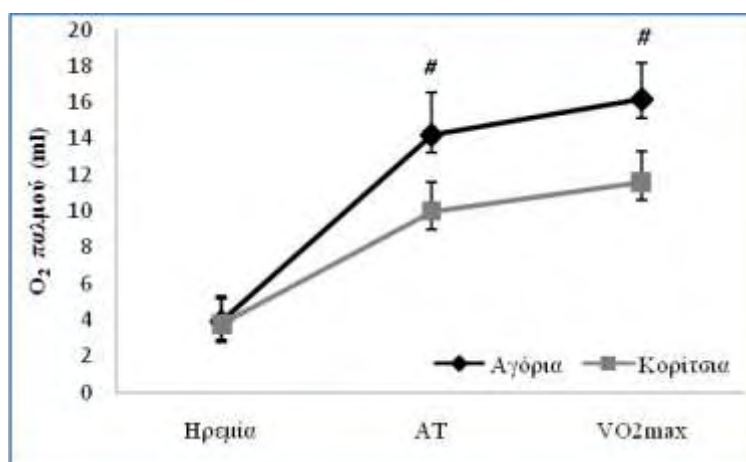
Το O<sub>2</sub> παλμού (Σχήμα 2) εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο κατά το αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι ( $t_{(10)}=2,85$ ,  $p<0,05$ ; Αγόρια:  $M=14,0$ ,  $SD=2,4$ , Κορίτσια:  $M=10,1$ ,  $SD=2,3$  ml) όσο και κατά τη μέγιστη προσπάθεια ( $t_{(10)}=4,25$ ,  $p<0,05$ ; Αγόρια:  $M=16,1$ ,  $SD=2$ , Κορίτσια:  $M=11,6$ ,  $SD=1,7$  ml) μεταξύ των ομάδων.

Η συστολική αρτηριακή πίεση (Πίνακας 5) εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηρεμία ( $t_{(10)}=14,26$ ,  $p<0,001$ ; Αγόρια:  $M=118$ ,  $SD=2,6$ , Κορίτσια:  $M=99,1$ ,  $SD=2,1$  mmHg) και στη μέγιστη προσπάθεια ( $t_{(10)}=4,93$ ,  $p<0,001$ ; Αγόρια:  $M=160,8$ ,  $SD=6,6$ ; Κορίτσια:  $M=144,1$ ,  $SD=4,9$  mmHg). Η διαστολική αρτηριακή πίεση (Πίνακας 5) εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά κατά τη μέγιστη προσπάθεια ( $t_{(10)}=5,58$ ,  $p<0,001$ ). Τα αγόρια εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές ( $M=79,2$ ,  $SD=2,0$  mmHg) συγκριτικά με τα κορίτσια ( $M=71,6$ ,  $SD=2,6$  mmHg).

**Πίνακας 5.** Αποτελέσματα καρδιακών παραμέτρων ελέγχου κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια σε τρία στάδια καταγραφής. Οι τιμές παρουσιάζονται σε μέσο όρο και τυπική απόκλιση (Mean±Sd).

			Αγόρια	Κορίτσια	Διαφορά	P
Ηρεμία	HR	beats/min <sup>-1</sup>	93,3±10,34	80,7±10,7	12,7±0,5	NS
	SBP	mmHg	118±2,6	99±2,0	19,2±0,5	p<0,001
	DBP	mmHg	74,7±8,2	66,7±4,1	8,0±4,1	NS
Αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι	HR	beats/min <sup>-1</sup>	166,5±19	154,7±25,6	11,8±6,6	NS
	SBP	mmHg	138,5±19,2	126,3±16,4	12,2±2,8	NS
	DBP	mmHg	74,2±6,6	69,2±4,9	5,0±1,7	NS
Μέγιστη πρόσληψη O <sub>2</sub>	HR	beats/min <sup>-1</sup>	189,2±6,6	178,8±6,7	10,3±0,1	NS
	SBP	mmHg	161±6,6	144±4,9	16,7±1,7	p<0,001
	DBP	mmHg	79,2±2,0	71,7±2,6	7,5±0,5	p<0,001

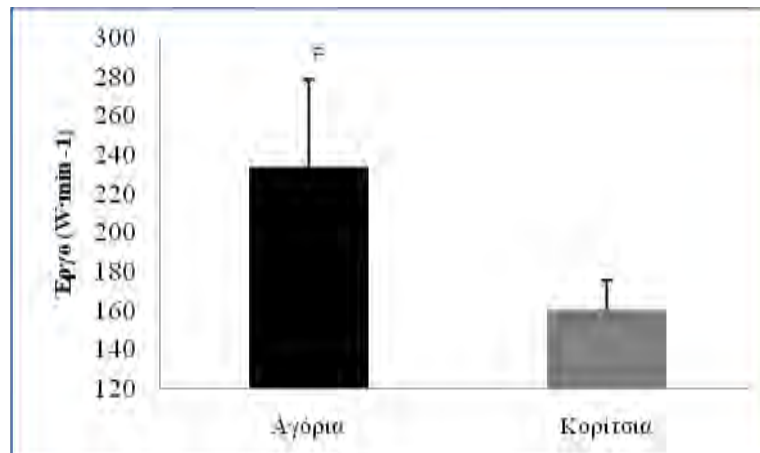
HR: Καρδιακή συχνότητα, SBP: Συστολική αρτηριακή πίεση, DBP: Διαστολική αρτηριακή πίεση.



**Σχήμα 2.** Μεταβολές του O<sub>2</sub> παλμού στα τρία στάδια καταγραφής κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης μεταξύ των δυο ομάδων, #p<0,05 (AT: Αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι, VO<sub>2</sub>max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου).

### Μέγιστο έργο

Το μέγιστο έργο εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις ομάδες ( $t_{(10)}=3,76$ ,  $p<0,05$ ; Watts, Σχήμα 3). Τα αγόρια εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές ( $M=234,5$ ,  $SD=45,1$ ) απ' ότi τα κορίτσια ( $M=161,3$ ,  $SD=15,2$ ).



**Σχήμα 3.** Διαφορές στο μέγιστο έργο κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια. # $p<0,05$  ανάμεσα στις ομάδες.

### Έλεγχος του μυοκαρδίου

Από τα αποτελέσματα της υπερηχοκαρδιογραφικής εξέτασης (Πίνακας 6) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τελοδιαστολικό όγκο ( $t_{(10)}=3,517$ ,  $p<0,05$ , Αγόρια:  $M=46,7$ ,  $SD=9,3$ , Κορίτσια:  $M=29,3$ ,  $SD=7,6$ ) και στο πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος ( $t_{(10)}= 2,55$ ,  $p<0,05$ , Αγόρια:  $M=1,2$ ,  $SD=0,2$ , Κορίτσια:  $M=1,04$ ,  $SD=0,2$ ) μεταξύ των δύο ομάδων ελέγχου.

**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα υπερηχοκαρδιογραφικής εξέτασης ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια.

		<b>Αγόρια</b>	<b>Κορίτσια</b>	<b>Διαφορά</b>	<b>P Value</b>
<b>EDV</b>	ml	112±14,1	97,0±12,1	15,3±2	p<0,05
<b>ESV</b>	ml	46,7±9,4	29,3±7,6	17,3±1,8	NS
<b>EF</b>	%	59,2±12,4	70±7,4	10,8±5	NS
<b>SV</b>	ml	63,5±18,3	63,3±19,4	0,2±1,1	NS
<b>MV E/A</b>	m/sec	2,1±0,6	2,1±0,5	0,1±0,1	NS
<b>AV Vmax</b>	m/sec	1,2±0,1	1,9±0,9	0,7±0,7	NS
<b>IVS</b>	cm	1,2±0,1	1,0±0,1	0,2±0,1	p<0,05
<b>LVID</b>	cm	3,9±0,3	3,8±0,2	0,1±0,1	NS
<b>LVPW</b>	cm	1,5±0,4	1,2±0,2	0,2±0,3	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, IVS: Πάχος μεσοκοιλιακού διαφράγματος, LVID: Διάμετρος της αριστερής κοιλίας, LVPW: Οπίσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας, Διαφορά: διαφορά ανάμεσα στις δυο ομάδες.

#### *Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος*

Από τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά ( $p>0,05$ ), στο ποσοστό σωματικού λίπους ( $p>0,05$ ), στη βιολογική ( $p>0,05$ ) και στη προπονητική ηλικία ( $p>0,05$ ) μεταξύ των δύο ομάδων.

## Συζήτηση

### *Μεταβολές κατά την άσκηση*

Κατά τη διάρκεια της άσκησης παρατηρείται μια συμμετοχική δράση του καρδιακού, αναπνευστικού, μυϊκού, νευρικού συστήματος, ώστε να καταφέρει το σώμα από την ηρεμία που βρίσκεται να υπερνικήσει τις αντιστάσεις και να φτάσει στην μέγιστη απόδοση.

Η αύξηση της καρδιακής λειτουργίας, που επιτυγχάνεται με την αύξηση της καρδιακής συχνότητας και της αρτηριακής πίεσης, έχει ως σκοπό την ενίσχυση του περιφερικού δικτύου (φλεβικού, αρτηριακού) με μεγαλύτερη ποσότητα αίματος, ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη δέσμευση  $O_2$ . Η αύξηση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης αυξάνεται γραμμικά με τη συχνότητα αναπνοής (Hansen & Koerppen, 2002; Σχήμα 4). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του  $O_2$  παλμού ( $O_2$  παλμού =  $VO_2/HR$ ), που αντιστοιχεί στο ποσοστό του  $O_2$  που εξάγεται σε κάθε καρδιακό παλμό. Η αύξηση του  $O_2$  παλμού κατά την άσκηση εκφράζει τις μεταβολές των μεταβλητών καρδιακού όγκου και αρτηριοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου ( $a-vO_2$  diff). Η αρτηριοφλεβική διαφορά  $O_2$  αυξάνεται με αποτέλεσμα η σιγμοειδής καμπύλη να στραφεί δεξιά και να απελευθερώσει μεγαλύτερη ποσότητα  $O_2$ . Η αρτηριοφλεβική διαφορά  $O_2$  εξαρτάται από το ποσοστό πρόσληψης του παρεχόμενου με το αίμα  $O_2$  από τους μυς και επηρεάζεται από τις μεταβολές στην καμπύλη κορεσμού της οξυαιμοσφαιρίνης.

Η αυξημένη συχνότητα αναπνοής, που παρατηρείται κατά την αύξηση της άσκησης, οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση  $CO_2$  στο αρτηριακό αίμα (Town, & Vanness, 1990; Lemaitre et al., 2009). Η υψηλή συγκέντρωση  $CO_2$  διεγείρει τους κεντρικούς χημειούποδοχείς του στελέχους, μέσω μεταβολών στο pH (μείωση) με αποτέλεσμα τη δραστηριοποίηση του πνευμονογαστρικού νεύρου ώστε να μειωθεί η  $PCO_2$  και να αυξηθεί το pH με σκοπό να αντιρροπιστεί η οξέωση.

Η αυξημένη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> που παρατηρείται λόγω αυξημένης παραγωγής CO<sub>2</sub> από το κυτταρικό μεταβολισμό, δεν απομακρύνεται επαρκώς μέσω του κυψελιδικού αερισμού, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο αερισμός που οδηγεί σε αύξηση της πρόσληψης O<sub>2</sub> και σε μετάβαση της μορφής της άσκησης από αναερόβια σε αερόβια. Η αύξηση του αερισμού έχει ως αποτέλεσμα τη ρύθμιση των αερίων του αρτηριακού αίματος και την αύξηση των μεταβολικών απαιτήσεων στους μύες που εργάζονται (Νάνας, 2004). Παράλληλα με το μηχανισμό αυτό αυξάνεται η αναπνευστική εφεδρεία η οποία προσδιορίζει την αναλογία των αναπνευστικών απαιτήσεων σε σχέση με την αναπνευστική ικανότητα και είναι δείκτης του αναπνευστικού περιορισμού κατά την άσκηση.

#### *Καρδιοαναπνευστικές διαφορές στις παραμέτρους ελέγχου κατά τη δοκιμασία κόπωσης*

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια ( $p < 0,05$ ) όσον αφορά τον αναπνεόμενο όγκο ( $V_T$ ) τόσο στην εισπνοή (In) όσο και στην εκπνοή (Ex) στα τρία στάδια καταγραφής (Πίνακας 2). Ο αναπνεόμενος όγκος παρατηρήθηκε μεγαλύτερος στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια διαφορά που σύμφωνα με τον Skinner (2005) οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο αναπνοής και στο μέγεθος σώματος. Επιπλέον παρατηρείται μεγαλύτερος αναπνευστικός περιορισμός κατά την άσκηση στα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια (αναπνευστική εφεδρεία,  $p < 0,05$ ). Τα αγόρια εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές έναντι των κοριτσιών ( $59,2 \pm 11,5$  vs.  $47,2 \pm 6,6$ ). Η αναπνευστική εφεδρεία είναι δείκτης που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τον αναπνευστικό περιορισμό κατά την άσκηση. Σύμφωνα με τον Thurlbeck (1982), υπάρχουν διαφορές ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια που μπορεί να επηρεάσουν την ανταλλαγή αερίων και την αναπνευστική απόκριση κατά την άσκηση. Οι Swain et al., (2010) αναφέρουν σε μελέτη τους πως έχει παρατηρηθεί στα παιδιά ο αερισμός να είναι δυσανάλογος σε σχέση με τις μεταβολικές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της έντονης άσκησης (Gratas-Delamarche et al.,

1993) με αποτέλεσμα να μην μειώνεται ο κορεσμός οξυγόνου όπως συμβαίνει κατά την άσκηση. Τα δεδομένα μας υποστηρίζουν αυτή την παραδοχή με τον αερισμό να είναι υψηλότερος στα αγόρια έναντι των κοριτσιών κατά τη διάρκεια της άσκησης ενώ ο κορεσμός οξυγόνου παραμένει αμετάβλητος μεταξύ αρχικών και τελικών τιμών συνεπώς δεν παρατηρείται διαφορά μεταξύ των δύο φύλων.

Αποτέλεσμα των αναπνευστικών αυτών διαφορών είναι τα αγόρια να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές στη  $VO_{2max}$  σε σχέση με τα κορίτσια. Οι Dencker και συνεργάτες (2007) σε μελέτη τους παρατήρησαν υψηλότερες τιμές στη  $VO_{2max}$  στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια και απέδωσαν τη διαφορά αυτή στις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα δυο φύλα παρόλο που έχουν ίδια μάζα σώματος. Επιπλέον αναφέρουν (Dencker et al., 2007) πως και στα δυο φύλα με ίδια σωματομετρικά χαρακτηριστικά παρατηρείται ότι τα αγόρια παρουσιάζουν μεγαλύτερη πνευμονική χωρητικότητα από τα κορίτσια, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός κυψελίδων και εν συνεχεία μεγαλύτερο εμβαδόν επιφανείας κυψελίδων (μεγαλύτερη επιφάνεια ανταλλαγής αερίων). Η διαφορά αυτή επιβεβαιώνεται από τα ευρήματα της μελέτης μας καθώς ο λειτουργικός έλεγχος της αναπνοής εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια ( $FEV_1$ :  $4,5 \pm 0,4$  vs.  $3,6 \pm 0,3$ ;  $FVC$ :  $5,1 \pm 0,7$  vs.  $4,3 \pm 0,1$ ). Σύμφωνα με τον Skinner (2005) το αποτέλεσμα των διαφορών στην αναπνευστική λειτουργία που υπάρχει ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια ( $V_T$ ,  $V_E$ ) εστιάζεται στη διαφορά της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ). Με αυτό συμφωνούν και τα ευρήματα της μελέτης μας σύμφωνα με τα οποία τα αγόρια εμφάνισαν υψηλότερες τιμές της  $VO_{2max}$  σε σχέση με τα κορίτσια ( $VO_{2max}$ :  $47,4 \pm 3$  vs.  $37,1 \pm 3,8$  ml/min/kg αντίστοιχα, Σχήμα 1). Η διαφορά της  $VO_{2max}$  στην μελέτη μας, ανάμεσα στα δύο φύλα, βρέθηκε 30,1% μικρότερη στα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια ενώ ο Κλεισούρας (1997) κατέγραψε διαφορά 21,8%. Σύμφωνα με μελέτες, η χαμηλότερη αερόβια ικανότητα που παρατηρείται στα

κορίτσια οφείλεται κυρίως σε μεταβολικές και φυσιολογικές διαφορές όπως η χαμηλότερη ικανότητα δέσμευσης και μεταφοράς O<sub>2</sub> και η μικρότερη πυκνότητα αιμοσφαιρίνης.

Ακόμα, η διαφορά που παρατηρήθηκε στη VO<sub>2max</sub> είχε ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στο O<sub>2</sub> παλμού, παράμετρος που αντιστοιχεί στην αναλογία πρόσληψης οξυγόνου προς τη καρδιακή συχνότητα (VO<sub>2</sub>/HR) και αντιστοιχεί στο ποσοστό του O<sub>2</sub> που εξάγεται σε κάθε καρδιακό παλμό. Τα αγόρια εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές του O<sub>2</sub> παλμού σε σχέση με τα κορίτσια τόσο στο αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι (14,0±2,4, vs. 10,1±2,3 ml, p<0,05, Σχήμα 2) όσο και στη μέγιστη προσπάθεια (16,1±2, vs. 11,6±1,7 ml, p<0,05, Σχήμα 2). Η διαφορά του O<sub>2</sub> παλμού πιθανόν να ερμηνεύεται από τη διαφορά των σκελετικών μυών που υπάρχει ανάμεσα στα δύο φύλα και κατά συνέπεια στη διαφορά εξαγωγής O<sub>2</sub> από τους σκελετικούς μύες καθώς επίσης και από τις αναπνευστικές διαφορές που αναφέρθηκαν παραπάνω.

#### *Διαφορές στην ισχύ κατά τη ΚΑΔΚ*

Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρατηρήθηκε διαφορά στην ισχύ με τα αγόρια να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα κορίτσια (234,5±45,1 vs. 161,3±15,2 watts·min<sup>-1</sup>, p<0,05). Σύμφωνα με τους Costill και συνεργάτες (2007), παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην ικανότητα παραγωγής δύναμης μετά την ηλικία των 13 ετών ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια και η διαφορά αυτή σχετίζεται περισσότερο με την ρύθμιση των ορμονών.

Τα αγόρια έχουν αυξημένες τιμές τεστοστερόνης η οποία προκαλεί αυξημένη κατακράτηση πρωτεΐνης από τους μύες και έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μυϊκή μάζα και την μεγαλύτερη ανάπτυξη δύναμης. Η διαφορά δύναμης των κάτω άκρων ανάμεσα στα δύο φύλα σύμφωνα με τον Κλεισούρα (1997), παρατηρείται να είναι 25% μικρότερη στα



κορίτσια έναντι των αγοριών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας, το έργο στη μέγιστη προσπάθεια ήταν 31,2% μικρότερο στα κορίτσια έναντι των αγοριών.

#### *Διαφορές στον έλεγχο του μυοκαρδίου*

Από αποτελέσματα της μελέτης μας παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τελοδιαστολικό όγκο (EDV,  $p < 0,05$ ) και στο πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος (IVS,  $p < 0,05$ ) κατά τον υπερηχοκαρδιογραφικό έλεγχο ηρεμίας ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια. Οι διαφορές αυτές πιθανόν να σχετίζονται με την διαφορά της μυϊκής ανάπτυξης που παρατηρείται στην ηλικία αυτή. Σύμφωνα με τους Petersen και συνεργάτες (2006), παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα σε αθλητές και αθλήτριες κατά τον υπερηχοκαρδιογραφικό έλεγχο που σχετίζονται με τον τελοδιαστολικό όγκο, τον όγκο παλμού (SV) και τη μάζα της αριστερής κοιλίας (LV mass).

Ο τελοδιαστολικός όγκος στη μελέτη μας καταγράφηκε μεγαλύτερος στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (EDV:  $112 \pm 12,1$  vs.  $97 \pm 12,1$  ml) και το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος μεγαλύτερο στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (IVS:  $1,2 \pm 0,1$  vs.  $1,0 \pm 0,1$  cm). Ο τελοδιαστολικός όγκος ερμηνεύει τον όγκο αίματος που υπάρχει μέσα στις κοιλίες πριν από τη συστολή τους ενώ το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος αντικατοπτρίζει τις μακροχρόνιες προσαρμογές που υφίσταται το μυοκάρδιο από την άσκηση. Η διαφορά μεταξύ των δύο φύλων στο τελοδιαστολικό όγκο και το πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος πιθανό να οφείλεται στον αυξημένο μυϊκό ιστό που έχουν τα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια. Έτσι ο τελοδιαστολικός όγκος θα πρέπει να είναι υψηλότερος ώστε να ωθηθεί μεγαλύτερη ποσότητα αίματος περιφερικά ενώ η μεγαλύτερη τιμή που καταγράφηκε στο πάχος του μεσοκοιλιακού διαφράγματος στα αγόρια έναντι των κοριτσιών πιθανό να σχετίζεται με την

αυξημένη μυϊκή μάζα (Stolt et al., 2000), όπως παρατηρείται και στα δυναμικά αθλήματα (Venckunas et al., 2008).

Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί πως η χρήση της μεθόδου M-mode για την καταγραφή των διαστάσεων του μυοκαρδίου εμφανίζει συχνά κατά την χρήση της σφάλματα στη μέτρηση της αριστερής κοιλίας (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).

#### *Διαφορές στον λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής - σπιρομέτρηση*

Από τα ευρήματα της παρούσας μελέτης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις αναπνευστικές παραμέτρους FEV<sub>1</sub>, FVC και MVV. Οι παράμετροι FEV<sub>1</sub> και FVC σύμφωνα με τους Morton και συνεργάτες (1976) και Harik-Khan και συνεργάτες (2004), επηρεάζονται από τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τη σύσταση σώματος κάτι το οποίο δεν επιβεβαιώνεται από τα ευρήματα της μελέτης μας. Ωστόσο οι διαφορές αυτές ερμηνεύονται από την μέγιστη εθελούσια προσπάθεια που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας (σπιρομέτρηση) και αυτή σχετίζεται με τη μεγαλύτερη δύναμη που εκφράζουν τα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια (Denise et al., 2007).

### *Διαφορές στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά*

Τα ευρήματα της μελέτης μας δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες (αγόρια και κορίτσια) στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά ( $p>0,05$ ), τη σύσταση σώματος (ποσοστό σωματικού λίπους,  $p>0,05$ ), την βιολογική ( $p>0,05$ ) και προπονητική ηλικία ( $p>0,05$ ). Τα δεδομένα της μελέτης μας συμφωνούν με τα ευρήματα του Costill και συνεργάτες (2007), που αναφέρουν πως τα παιδιά μέχρι την ηλικία των 12-14 ετών δεν εμφανίζουν διαφορές στο ύψος, βάρος και το σωματικό λίπος ενώ παρατηρείται μια ομοιότητα μεταξύ των αγοριών και των κοριτσιών σε όλες τις μετρήσεις μεγέθους και ανάπτυξης.

## **Συμπεράσματα**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρατήσαμε διαφορές στην καρδιοαναπνευστική λειτουργία ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια γεγονός που μπορεί να επηρεάζει την απόδοση κατά την άσκηση. Η υπεροχή των αγοριών έναντι των κοριτσιών στην απόδοση κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης φαίνεται να είναι αποτέλεσμα των διαφορών που υπάρχουν μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τη σκελετική μάζα, το μεγαλύτερο μέγεθος καρδιάς και τη μεγαλύτερη πνευμονική χωρητικότητα, διαφορές οι οποίες πιθανόν να οφείλονται, τουλάχιστον εν μέρει, στη διαφορετική ορμονική λειτουργία που παρατηρείται στις ηλικίες αυτές

## Βιβλιογραφία

Akdur H., Sozen, AB., Yigit, Z., Oztunc, F., Kudat, H., & Guven, O. (2009). The evaluation of cardiovascular response to exercise in healthy Turkish children. *Turkish J Pediatr*, 51(5):472-7.

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.

CMAS, World Underwater Federation (2010). Finswimming Cmas Rules, Version 2010/01, (23/04/10, BOB /SPO/Nº 26). Ανακτήθηκε τον Ιανουάριο 2011 από <http://www.cmas.org/comspo/nap/>.

Costill, D.L., Maglishco, E.W., & Richardson, A.B. (2007). Κολύμβηση. (Α. Τουμπέκης & Σ. Τοκμακίσης επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Πασχαλίδη (Δημοσίευση πρωτοτύπου, 2000).

Dencker, M, Thorsson, O., Karlsson, MK., Linden, C, Eiberg,S., Wollmer, P. (2007). Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8–11 years. *Eur J Appl Physiol*, 99:19-26.

Denise L. Smith & Sharon A. Plowman (2007). Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance. Εκδόσεις Lippincott Williams και Wilkins, σελ 305-306.

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.

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.

Gratas-Delamarche, A., Mercier, J., Ramonatxo, M., Dassonville, J., & Prefaut, C. (1993). Ventilatory response of prepubertal boys and adults to carbon dioxide at rest and during exercise. *Eur J Appl Physiol*, 66: 25-30.

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). *Ατλας βασικών ιατρικών επιστημών, φυσιολογία του ανθρώπου*. (Μ. Κουτσιλιέρης επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδη (Δημοσίευση πρωτοτύπου, 2002).

Harik-Khan, RI, Muller, DC, & Wise, RA (2004). Racial Difference in Lung Function in African-American and White Children: Effect of Anthropometric, Socioeconomic, Nutritional, and Environmental Factors. *Am J Epidemiol*, 160:893-900.

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.

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.

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.

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.

Maffulli N, Greco R, Greco L, D'Alterio D. (1994). Treadmill exercise in Neopolitan children and adolescents. *Acta Paediatr* 1994; 83: 106-112.

Miller, M.R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., Van der Grinten, C.P.M., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D.C., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O.F., Pellegrino, R., Viegi, G. & Wanger, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26, 319-338.

Moore, L. G., McCullough, R. E., & Weil, J. V. (1987). Increased HVR in pregnancy: Relationship to hormonal and metabolic changes. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 62(1), 158-163.

Morton, AR, Fitch, KD, Blanksby, BA, & Streatfield, PJ. (1976). Spirometric values for normal Perth children aged six to twelve years. *Aust N Z J Med*, 6(1):51-7.

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.

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.

Petersen, S.E., Hudsmith, L.E., Robson, M.D., Doll, H.A., Francis, J.M., Wiesmann, F, Jung, B.A., Hennig, J., Watkins, H. & Neubauer, S. (2006). Sex-Specific Characteristics of Cardiac Function, Geometry, and Mass in Young Adult Elite Athletes. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 24:297-303

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.



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.

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>.

Skinner S. J. (2005). Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases: Theoretical Basis and Clinical Application, Τρίτη έκδοση, Εκδόσεις Lippincott Williams και Wilkin, σελ 57-58.

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.

Stolt, A., Karjalainen, J., Heinonen, O.J., Kujala, U.M. (2000). Left ventricular mass, geometry and filling in elite female and male endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2000: 10: 28-32

Swain, K.E., Rosenkranz, S.K., Beckman, B., & Harms, C.A. (2010). Expiratory flow limitation during exercise in prepubescent boys and girls: prevalence and implications. *J Appl Physiol*, 108: 1267-1274.

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

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.

Thurlbeck, WM. (1982). Postnatal human lung growth. *Thorax*, 37:564-571.

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

Triposkiadis, 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.

Turley, KR. (1997). Cardiovascular responses to exercise in children, *Sports Med*, 24(4):241-57.

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.

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.

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., 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.

Δεληγιάννης, Α. (1997). *Ιατρική της άθλησης, από τη θεωρία στη πράξη*. Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ 159.

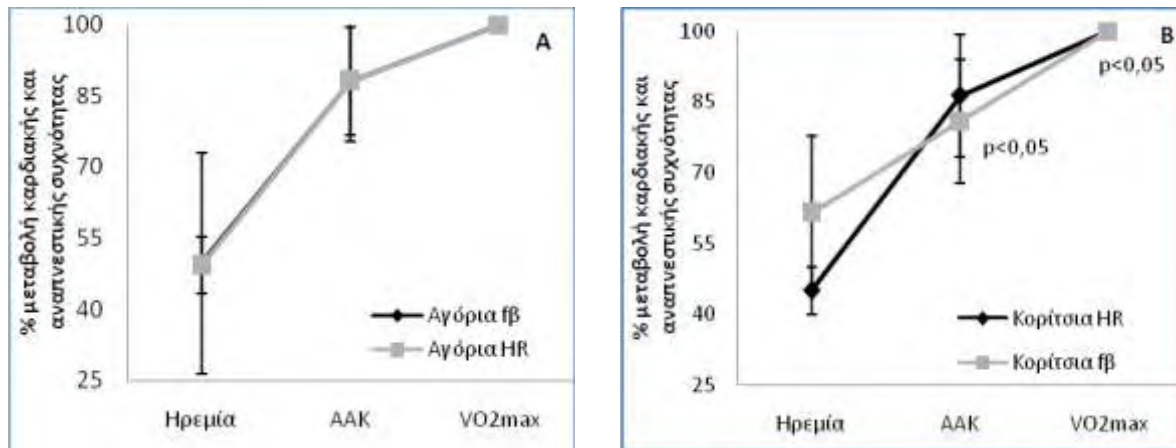
Κλεισούρας, Β. (1997). *Εργοφυσιολογία, Φυσιολογική βάση της μυϊκής προσπάθειας*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 6<sup>η</sup> έκδοση

Νάνας, Σ. (2004). *Η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κοπώσεως στην κλινική πράξη*. Εκδόσεις Ζεβелеκάκη, Αθήνα, σελ 72-73.

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.*

## Παράρτημα

Σχέση καρδιακής και αναπνευστικής συχνότητας



Σχήμα 4. Σχέση καρδιακής και αναπνευστικής συχνότητας

Α) Ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας (HR) και της συχνότητας αναπνοής ( $f_R$ ) στα τρία στάδια καταγραφής κατά τη ΚΑΔΚ σε αγόρια και Β) κορίτσια. ΑΑΚ: Αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι, VO<sub>2</sub>max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.

Δήλωση συγκατάθεσης για συμμετοχή στη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΟΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ**

**ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΚΟΠΩΣΗΣ**

Σας γνωστοποιώ ότι έχω κατανοήσει πλήρως την διαδικασία των δοκιμασιών στις οποίες θα υποβληθώ, έχω πλήρη γνώση του οφέλους αλλά και των πιθανών κινδύνων που ενέχονται στη διαδικασία και αναλαμβάνω με προσωπική μου ευθύνη να υποβληθώ στη καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης. Επίσης, δηλώνω υπεύθυνα ότι έχω πρόσφατα υποβληθεί σε ιατρικές εξετάσεις σύμφωνα με τις οποίες είμαι υγιής καθώς και ότι δεν κάνω χρήση κανενός φαρμάκου.

Όλες οι πληροφορίες και τα δεδομένα που θα συλλεχθούν από εσάς και τους υπόλοιπους ασκούμενους κατά τη διάρκεια της καρδιοαναπνευστικής δοκιμασίας κόπωσης θα παραμείνουν απαραβίαστες και εμπιστευτικές. Κάποια από αυτά τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν για στατιστικές αναλύσεις, επιστημονικές δημοσιεύσεις και συνεδριακές ανακοινώσεις χωρίς όμως να κοινοποιηθεί ή να δημοσιευθεί η ταυτότητα σας.

Όνοματεπώνυμο Δοκιμαζόμενου: \_\_\_\_\_

Υπογραφή Δοκιμαζόμενου: \_\_\_\_\_

Όνοματεπώνυμο Κηδεμόνα: \_\_\_\_\_

Υπογραφή Κηδεμόνα: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2013