



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ – ΤΜΗΜΑ
ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

ΤΙΤΛΟΣ

**Διαφορές στον λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής μεταξύ
αθλητών τεχνικής και κλασικής κολύμβησης**

της

Μπέλλου Ειρήνης

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση, Εργοσπιρομετρία, Αποκατάσταση» της Σχολής Επιστημών Υγείας – Τμήμα Ιατρικής και της Σχολής Επιστημών Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Έτος ολοκλήρωσης της διατριβής

Λάρισα, 2019

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπουσα:

Καρέτση Ελένη (Επιμελήτρια Α΄ Πνευμονολογικής Κλινικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

Μέλη:

Δανιήλ Ζωή (Καθηγήτρια Πνευμονολογίας Ιατρικού Τμήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας-
Πνευμονολογική Κλινική Πανεπιστημίου Θεσσαλίας- Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο
Λάρισας)

Τουμπέκης Αργύριος (Επίκουρος Καθηγητής Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο
Αθηνών, ΣΕΦΑΑ)

© 2019

Μπέλλου Ειρήνη

All Rights Reserved

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Την κ. Καρέτση Ελένη και τον κ. Σταύρου Βασίλη για την καθοδήγηση και υποστήριξη από την αρχή αυτής της προσπάθειας.

Διαφορές στον λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής μεταξύ αθλητών τεχνικής και κλασικής κολύμβησης

Περίληψη

Το άθλημα της τεχνικής κολύμβησης περιγράφει την κίνηση που κάνει ο αθλητής φορώντας μονοπέδιλο ή διπλά πέδιλα είτε στην επιφάνεια του νερού είτε κάτω από αυτή, μέσω μίας δυναμικής δελφινοειδούς κίνησης. Οι αθλητές της τεχνικής κολύμβησης χρησιμοποιούν υποχρεωτικά αναπνευστήρα στα αγωνίσματα επιφανείας, σε αντίθεση με τους αθλητές της κλασικής κολύμβησης οι οποίοι δεν χρησιμοποιούν.

Σκοπός της μελέτης είναι να καταγραφεί και να αξιολογηθεί ο λειτουργικός έλεγχος του αναπνευστικού συστήματος μεταξύ αθλητών τεχνικής και κλασικής κολύμβησης. Θα διερευνηθούν πιθανές διαφορές στις αναπνευστικές παραμέτρους μεταξύ των αθλητών και θα γίνει συσχέτιση των μεταβλητών των αναπνευστικών παραμέτρων με τις προπονητικές παραμέτρους σε κάθε ομάδα αθλητών.

Στη μελέτη συμμετείχαν 38 αθλητές υγρού στίβου, ηλικίας $14,5 \pm 1.3$ έτη, χωρισμένοι σε δύο ομάδες (αθλητές τεχνικής κολύμβησης - TK n=20, αθλητές κλασικής κολύμβησης -KK n=18) οι οποίοι είχαν ελεύθερο ατομικό ιστορικό καρδιαγγειακού ή αναπνευστικού νοσήματος και δεν ακολουθούσαν κάποια αγωγή. Οι αθλητές υποβλήθηκαν σε λειτουργικό έλεγχο αναπνοής για να προσδιοριστούν οι πνευμονικοί όγκοι, με εκτέλεση 3 προσπαθειών κάθε φορά ώστε να καταγραφεί η καλύτερη επίδοση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων. Οι αθλητές της τεχνικής κολύμβησης να εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στο ποσοστό επί των προβλεπόμενων τιμών στις παραμέτρους IC (Inspiratory capacity-Εισπνευστική χωρητικότητα), ERV (Expiratory reserve volume- Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος) και PEF(Peak expiratory flow- Μέγιστη ροή αναπνοής) έναντι των αθλητών κλασικής κολύμβησης.

Συμπερασματικά, οι αθλητές διαφορετικού τύπου αθλήματος κολύμβησης παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορές σε τιμές των αναπνευστικών όγκων και χωρητικοτήτων. Πιθανώς αυτές οι διαφορές οφείλονται στη χρήση του αναπνευστήρα, καθώς και στην ενεργοποίηση διαφορετικών μυϊκών ομάδων κατά την κολύμβηση λόγω του διαφορετικού στυλ και θέσης του σώματος στο νερό.

Λέξεις κλειδιά: κολύμβηση, τεχνική κολύμβηση, αναπνευστικό σύστημα, σπιρομέτρηση, αναπνευστικές παράμετροι

Evaluation of respiratory parameters between fin swimmers and swimmers

Abstract

Fin swimming is the movement of the athlete who wears a single or double fins either on the surface of the water or under it through a dynamic delphinous movement. Fin swimming athletes use a snorkel in surface events, as opposed to classical swimming athletes who do not use it.

The purpose of the study is to record and evaluate pulmonary function tests in two groups of athletes (fin- and classical swimming). Potential differences in respiratory parameters among athletes will be investigated and the variables of respiratory parameters will be correlated with the training parameters in each group of athletes.

The study involved 38 athletes, 14.5 ± 1.3 years old, divided into two groups (fin-swimming athletes $n = 20$, classical swimming athletes $n = 18$) who had a free individual history of cardiovascular or respiratory disease and did not follow some medication. Athletes underwent pulmonary function tests to determine dynamic lung volumes by performing 3 attempts at a time to record best performance.

According to our result, significant differences between the two groups were observed. The athletes of fin swimming showed significant higher values at the percentage to the predicted in IC (inspiratory capacity), ERV (Expiratory reserve volume) and PEF (Peak expiratory flow) versus classical swimming athletes.

In conclusion, athletes of different types of swimming sports have differences in respiratory volumes and capacities. These differences may be explained by the use of the snorkel and the activation of different muscle groups during swimming, due to the different swimming style and position of the body in the water.

Key words: swimming, fin swimming, respiratory system, spirometry, respiratory parameters

Περιεχόμενα

1. Συντμήσεις	9
2. Γενικό μέρος	10
• Εισαγωγή.....	10
• Κλασσική κολύμβηση	12
• Τεχνική κολύμβηση.....	12
• Προπονητικά χαρακτηριστικά	13
• Λειτουργικός έλεγχος αναπνοής.....	14
• Άμεσες επιδράσεις της άσκησης στην ανταλλαγή αερίων.....	14
• Αναπνευστικές προσαρμογές με την άσκηση.....	16
• Αναπνευστικές προσαρμογές στην κολύμβηση.....	17
➤ Ειδικότερα για τις μεταβολές μετά από μέγιστη προσπάθεια στην κολύμβηση.....	20
3. Σκοπός.....	21
4. Μεθοδολογία.....	22
• Συμμετέχοντες	22
• Συλλογή δεδομένων.....	23
➤ Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	23
➤ Λειτουργικά χαρακτηριστικά	23
➤ Προπονητική ηλικία	23
• Στατιστική ανάλυση	24
5. Αποτελέσματα.....	25
• Αποτελέσματα σωματομετρικών και προπονητικών χαρακτηριστικών μεταξύ των ομάδων.....	25
• Αποτελέσματα αναπνευστικών παραμέτρων μεταξύ των ομάδων.....	25
• Αποτελέσματα συσχέτισης αναπνευστικών παραμέτρων και προπονητικών χαρακτηριστικών.....	27
6. Συζήτηση.....	30
7. Συμπέρασμα.....	32
8. Βιβλιογραφία.....	33
9. Κατάλογος πινάκων	37

1. Συντμήσεις

ERV: Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος- Expiratory reserve volume

FEV1 : Μέγιστος εκπνεόμενος όγκος αέρα σε 1s- Forced expiratory volume in 1 second

FRC: Λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα- Functional Residual Capacity

FVC: Εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα- Forced vital capacity

IBH: Διαλείπουσα συχνότητα αναπνοής- Intermittent breathing hold

IC: Εισπνευστική χωρητικότητα- Inspiratory capacity

IRV : Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος- Inspiratory Reserve Volume

MVV: Μέγιστος εκούσιος αερισμός- maximal voluntary ventilation

PEF: Μέγιστη εκπνευστική ροή- Peak expiratory flow

RLV: όγκος που παραμένει μετά από μέγιστη εκπνοή – Residual Lung Volume

RMET: εκπαίδευση αντοχής εισπνευστικών μυών- Respiratory Muscle Endurance Training

RMS: αναπνευστική μυϊκή δύναμη- Respiratory Muscle Strength

RMT: εκπαίδευση εισπνευστικών μυών- Respiratory muscle training

RV: υπολειπόμενος όγκος αέρα- Residual Volume,

TLC: Συνολική χωρητικότητα πνευμόνων- Total Lung Capacity

TV: Αναπνεόμενος όγκος αέρα- Tidal Volume

VC: Ζωτική χωρητικότητα- Vital Capacity

VE: Κατά λεπτό αερισμός πνευμόνων- Minute ventilation

VO2max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου - Maximal oxygen consumption

2. Γενικό μέρος

Εισαγωγή

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία οι σκελετικοί μύες, όπως και οι αναπνευστικοί μύες, μπορούν μέσω της προπόνησης να αυξήσουν την ικανότητά τους για παραγωγή δύναμης [Leith και Bradley, 1976; Tzelepis et al., 1999]. Η κόπωση των εισπνευστικών μυών χαρακτηρίζεται από την αδυναμία των μυών αυτών να παράγουν δύναμη εξ' αιτίας σωματικής άσκησης, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του αερισμού των πνευμόνων που όμως επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα μετά από ανάπαυση [NHLBI-workshop, 1990]. Σύμφωνα, με τα παραπάνω η κόπωση των εισπνευστικών μυών μπορεί να χαρακτηριστεί ως το βασικό αίτιο μείωσης της παραγωγής εισπνευστικής πίεσης [Volianitis et al., 2001]. Επιπλέον, η συσσώρευση γαλακτικού έχει σχετιστεί με την αυξημένη δύσπνοια [Johnson et al., 1996], η οποία επηρεάζει την αθλητική απόδοση. Οι ευεργετικές επιδράσεις της κολύμβησης στο αναπνευστικό σύστημα, μπορεί να μειώσουν την ευαισθησία στην κόπωση. Ο περιορισμός της συχνότητας της αναπνοής κατά τη διάρκεια της κολύμβησης, ωθεί το αναπνευστικό σύστημα μέσω της υπερκαπνίας και της μηχανικής φόρτωσης να οδηγεί σε σημαντικές βελτιώσεις της δύναμης των αναπνευστικών μυών [Lavin et al., 2015].

Σύμφωνα με τον Lemaitre, [2013], η προπόνηση κολύμβησης που σχετίζεται με προπόνηση της αντοχής των αναπνευστικών μυών είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με μία απλή προπόνηση κολύμβησης για τη βελτίωση των επιδόσεων. Η προπόνηση κολύμβησης αυξάνει τη ζωτική χωρητικότητα (VC) τη συνολική χωρητικότητα των πνευμόνων (TLC) και τη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (FRC), αλλά δεν έχει καμία επίδραση στον υπολειπόμενο όγκο (RV). Επιπλέον, η προπόνηση κολύμβησης αυξάνει τη δύναμη και την αντοχή των εισπνευστικών μυών, οι οποίες υπολογίζονται κοντά στη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (FRC) [Clanton et al., 1987].

Σύμφωνα με τους Lavin et al., [2015] που εξέτασαν την πνευμονική λειτουργία στην κολύμβηση με ελεγχόμενη συχνότητα αναπνοής, παρατηρείται πως η περιορισμένη συχνότητα αναπνοής κατά τη διάρκεια της κολύμβησης μπορεί να βελτιώσει τη μυϊκή αξιοποίηση του O₂ κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ακόμα, η προπόνηση των εισπνευστικών μυών έχει αποδειχθεί πως βελτιώνει τις επιδόσεις στην κολύμβηση όταν χρησιμοποιείται ως μέρος της καθημερινής προπόνησης [~~Wilson et al., 2014;~~ Volianitis et al., 2001], ενώ με τη συστηματική προπόνηση βελτιώνεται η αναπνευστική ικανότητα των αθλητών [Couteix et al., 1997]. Στην ίδια μελέτη παρατηρήθηκε πως η έντονη προπόνηση

κολύμβησης στην προεφηβική ηλικία (8-12 ετών) ενισχύει τους στατικούς και δυναμικούς όγκους του πνεύμονα και βελτιώνει τις αγωγίμες ιδιότητες των μικρών και μεγάλων αεραγωγών. Ο μηχανισμός αυτός αιτιολογείται καθώς η έντονη προπόνηση στην προεφηβική ηλικία (8-12 ετών) προωθεί την ισοτροπική ανάπτυξη των πνευμόνων με την εναρμόνιση της ανάπτυξης των αεραγωγών [Couteix et al., 1997]. Επιπλέον σύμφωνα με τους Stavrou et al. [2015] έχει παρατηρηθεί πως η προπόνηση με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής μπορεί να αυξήσει τη δύναμη των εισπνευστικών μυών περισσότερο σε σχέση με την αυτεπιλεγόμενη συχνότητα αναπνοής και να βελτιώσει την επίδοση των αθλητών.

Τέλος, μελέτες που ασχολήθηκαν με την πρόκληση υποξίας κατά τη διάρκεια μέγιστης και υπομέγιστης έντασης στην κολύμβηση [Miyasaka et al., 2002] εμφάνισαν θετικές μεταβολές στις παραμέτρους του λειτουργικού ελέγχου του αναπνευστικού [Stavrou et al., 2018]. Στην προπόνηση των αναπνευστικών μυών στην κλασική κολύμβηση μπορεί να βοηθήσει η χρήση του αναπνευστήρα ή ο έλεγχος του ρυθμού-συχνότητας αναπνοής [Maglischo, 2003]. Η χρήση αναπνευστήρα επιτρέπει στους κολυμβητές να κρατούν το πρόσωπο μέσα στο νερό καθώς αναπνέουν, ενώ είναι απαραίτητη η χρήση του σε αθλητές τεχνικής κολύμβησης [CMAS, 2010]. Ένας αναπνευστήρας προσθέτει έναν επιπλέον κενό χώρο (160-170 ml) και προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση CO₂ στον εισπνεόμενο αέρα, εξαιτίας του εκπνεόμενου αέρα που παγιδεύεται στον αναπνευστήρα, ο οποίος εισπνέεται εκ νέου [Toklu, 2003]. Σύμφωνα με τον Toklu (2003), που μελέτησε τη μεταβολική και αναπνευστική απόκριση στην επανεισπνοή του εκπνεόμενου αέρα στον αναπνευστήρα σε ηρεμία και σε άσκηση, με και χωρίς τη χρήση του αναπνευστήρα, παρατήρησε πως η συγκέντρωση CO₂ είναι υψηλή στον αναπνεόμενο αέρα και στην επανεισπνοή.

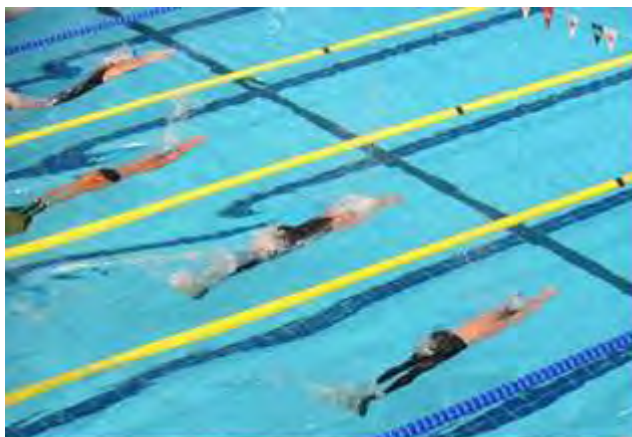
Κλασική κολύμβηση

Η κολύμβηση χαρακτηρίζεται ως μια συντονισμένη και αρμονική κίνηση του ανθρώπινου σώματος μέσα στο νερό και μέσω μια συνδυασμένης δράσης των άνω και κάτω άκρων προωθείται το σώμα. Η κολύμβηση απαιτεί ενέργεια τόσο για τη διαδικασία της επίπλευσης, όσο και για την προωθητική εξέλιξη, με διαφορετική μυϊκή συμμετοχή ανάλογα με το στυλ κολύμβησης [Conti, 2015].

Ως οργανωμένο άθλημα, η κολύμβηση συναντάται στα νεότερα χρόνια. Ως μέσο ψυχαγωγίας όμως, βλέπουμε να είναι από τις πρώτες δραστηριότητες που δοκίμασε ο άνθρωπος. Οι αρχαίοι Έλληνες έδιναν πολλή προσοχή στην εκμάθηση της κολύμβησης. Στους Ολυμπιακούς αγώνες του 1896 περιλήφθηκε ως ιδιαίτερο άθλημα το κολύμπι και από τότε υπάρχει ως ένα από τα πιο αγαπητά αγωνίσματα. Η ικανότητα να κολυμπά κάποιος έχει πολλά οφέλη τα οποία περιλαμβάνουν - χωρίς να περιορίζονται σε αυτά - την παροχή μιας υγιούς άσκησης, τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ασθενειών και τη μείωση του κινδύνου πνιγμού. Η κολύμβηση είναι μια ελκυστική μορφή άσκησης επειδή δεν περιλαμβάνει το βάρος του σώματος λόγω της πλευστότητας του νερού [Tanaka, 2009].

Τεχνική Κολύμβηση

Το άθλημα της τεχνικής κολύμβησης περιγράφει την κίνηση με μονοπέδιλο ή διπλά πέδιλα είτε στην επιφάνεια του νερού είτε κάτω από αυτή, μέσω μιας δυναμικής δελφινοειδούς κίνησης των αθλητών [CMAS, 2010]. Η τεχνική κολύμβηση είναι ένα άθλημα που οι αθλητές αγωνίζονται στις ίδιες αγωνιστικές αποστάσεις με το άθλημα της κολύμβησης στην πισίνα (50, 100, 200, 400, 800 και 1500m) και στην ανοιχτή θάλασσα στα αγωνίσματα των 4x2000 μεικτή σκυταλοδρομία και 6000 m ατομικά. Οι αθλητές της τεχνικής κολύμβησης χρησιμοποιούν υποχρεωτικά αναπνευστήρα στα αγωνίσματα επιφανείας, ειδικές φιάλες συμπιεσμένου ατμοσφαιρικού αέρα για τα υποβρύχια αγωνίσματα (100 και 400 m) και τίποτα από τα δυο στα αγωνίσματα της άπνοιας (50 m). Τα αγωνίσματα επιφανείας κολύμβησης (Εικόνα 1) απαιτούν πλειομετρική δυναμική κίνηση των κάτω άκρων και του κορμού για την προώθηση του σώματος και ισομετρική δύναμη των άνω άκρων. Λόγω της χρήσης του αναπνευστήρα απαιτείται δύναμη στους αναπνευστικούς μύες [Stavrou, et al., 2018].



Εικόνα 1. Αγώνισμα επιφανείας της τεχνικής

Προπονητικά χαρακτηριστικά

Ως προπονητικά χαρακτηριστικά ορίζουμε τα χαρακτηριστικά μεταξύ των αθλητών ομάδων που σχετίζονται με την προπόνηση τους και μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους και σχετίζονται με τον αριθμό και τη διάρκεια των προπονήσεων σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.. :

Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται η διάρκεια της προπόνηση ανά προπονητική μονάδα(ημερήσια προπόνηση), η συχνότητα προπονήσεων ανά βδομάδα , η προπονητική ηλικία των αθλητών.

Η συχνότητα των προπονήσεων ανά βδομάδα και η διάρκεια της προπόνησης επηρεάζονται από το επίπεδο φυσικής κατάστασης του κάθε αθλητή, από την προπονητική περίοδο(προετοιμασία, μεταβατική περίοδος, αγωνιστική περίοδος), από την προπονητική επιβάρυνση και το είδος των ασκήσεων αλλά και από το υπόλοιπο προπονητικό πρόγραμμα (συχνότητα μυϊκής ενδυνάμωσης σε σχέση με την προπόνησης ταχυδύναμης, τεχνικής και τακτικής).

Ως προπονητική ηλικία ορίζουμε τη συστηματική ενασχόληση του αθλητή με το άθλημα. Υπάρχουν όμως και αθλητές που έχουν μεγαλύτερη προπονητική ηλικία εξαιτίας του ότι προέρχονται από άλλο συναφές άθλημα. Για παράδειγμα ένας αθλητής της τεχνικής κολύμβησης όταν έρχεται από το άθλημα της κολύμβησης.

Λειτουργικός έλεγχος αναπνοής

Σύμφωνα με τους Miller et al (2005) η σπιρομέτρηση είναι η πιο διαδεδομένη εξέταση εκτίμησης της πνευμονικής λειτουργίας, που μετρά τις ροές στους αεραγωγούς και τους περισσότερους πνευμονικούς όγκους. Πραγματοποιείται με σπιρόμετρα όγκου ή σπιρόμετρα ροής. Τα σπιρόμετρα όγκου μετρούν άμεσα τον όγκο του εκπνεόμενου αέρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνήθως ως μια γραφική απεικόνιση του όγκου ως προς το χρόνο (σπιρογράφημα όγκου-χρόνου) και οι περισσότεροι δείκτες υπολογίζονται με αριθμητικές πράξεις από τη σπιρομέτρηση.

Κατά την εκτέλεση της σπιρομέτρησης διακρίνονται τρεις φάσεις της δοκιμασίας: μέγιστη εισπνοή, έντονη και βίαιη εκπνοή και συνεχιζόμενη και πλήρης εκπνοή μέχρι το τέλος της εξέτασης. (Hayes et al., 2009). Οι ροές και οι όγκοι που έχουν μεγάλη κλινική αξία και μετρώνται κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης σπιρομέτρησης είναι οι: PEF, FEV1, FVC, IVC, SVC, FEF25-752. (Miller et al., 2005)

Κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της σπιρομέτρησης στους αθλητές πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη ότι οι προβλεπόμενες τιμές βασίζονται σε δεδομένα από το γενικό πληθυσμό. Υπάρχουν ενδείξεις ότι ακόμη και σχετικά ήπια φυσική δραστηριότητα στο γενικό πληθυσμό συνδέεται με ελαφρά υψηλότερες σπιρομετρικές τιμές και μικρότερη έκπτωση της FEV1 με το χρόνο (Cheng et al., 2003). Αυτή η τάση παρατηρείται πιο έντονα σε αθλητές, με αποτέλεσμα πολύ συχνά οι τιμές του FEV1 να υπερβαίνουν τις ανώτερες προβλεπόμενες τιμές που έχουν προσδιοριστεί για το γενικό πληθυσμό. (10–20% μεγαλύτερες τιμές). (Belda et al., 2008)

Άμεσες επιδράσεις της άσκησης στην ανταλλαγή αερίων

Η αναπνοή κατά την άσκηση είναι μια συντονισμένη προσπάθεια των αναπνευστικών μυών, με στόχο την επαρκή ανταλλαγή αερίων. Ο αερισμός των πνευμόνων κατά την άσκηση μεταβάλλεται σύμφωνα με την ανταλλαγή του CO₂ στους πνεύμονες, ενώ η αύξηση του V_E με την άσκηση σχετίζεται κυρίως με τη συχνότητα της αναπνοής [Whipp και Ward, 1998]. Σε υγιή άτομα η αύξηση του αναπνεόμενου όγκου αέρα (VT) είναι κυρίως αυτή που προκαλεί την αύξηση του V_E σε χαμηλή ένταση [Gallagher et al., 1987].

Κατά τη διάρκεια άσκησης μέγιστης έντασης, ο αυξημένος μυϊκός μεταβολισμός προκαλεί τη μείωση κάτω από 20% (σε σχέση με την ηρεμία) του φλεβικού οξυγόνου και αυξάνει τη φλεβική μερική

πίεση του διοξειδίου του άνθρακα άνω των 80mmHg. Έτσι, οι απαιτήσεις της κυψελιδικής-αρτηριακής ανταλλαγής αερίων είναι σημαντική, ενώ αύξηση της κατά λεπτό καρδιακής παροχής (Q) σημαίνει πως θα υπάρχει σημαντικά μικρότερος χρόνος στα πνευμονικά τριχοειδή για την επίτευξη αυτής της ανταλλαγής [Sheel, 2002]. Η ικανότητα των μυών της αναπνοής για την παραγωγή της ανάλογης πίεσης είναι επαρκής για την πραγματοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, αλλά είναι εξίσου σημαντικό να μην είναι υπερβολικό το φυσιολογικό κόστος για την εξασφάλιση του αερισμού αυτού. Δεδομένου ότι η μεταφορά των αερίων είναι αποτέλεσμα της αναλογίας O₂/CO₂ στο αίμα αλλά και της αιματικής ροής, πρέπει οι ανταποκρίσεις του καρδιαγγειακού και πνευμονικού συστήματος στην άσκηση να εναρμονίζονται με ακρίβεια στην αύξηση των μεταβολικών αναγκών, λαμβάνοντας υπόψη την μεταφορά των αερίων στους αναπνευστικούς και τους κινητήριους μυς. Κατά την ηρεμία, το οξυγόνο που καταναλώνεται από τους αναπνευστικούς μυς (για τον αερισμό των πνευμόνων) είναι μόνο 1% έως 2% της βασικής κατανάλωσης οξυγόνου [Otis, 1954]. Καθώς αυξάνεται η απαίτηση του οργανισμού για αερισμό, η πρόσληψη οξυγόνου από τους αναπνευστικούς μυς αυξάνεται σε διαγραμματική υπερβολή [Murray και Nadel, 1994]. Ένας από τους λόγους αύξησης μπορεί να είναι η αύξηση της παραγωγής έργου κατά τη διάρκεια της αναπνοής ή/και η μείωση στη λειτουργικότητα των αναπνευστικών μυών [Murray και Nadel, 1994].

Κατά τη διάρκεια εντατικής άσκησης, το ποσοστό της συνολικής αιματικής ροής προς τους αναπνευστικούς μύες μπορεί να αυξάνεται περαιτέρω όταν οι επικουρικοί μύες της αναπνοής μπαίνουν σε ρυθμούς υψηλότερης λειτουργίας και απαιτούν αυξημένη αιματική ροή [Bye et al., 1983]. οι Robertson et al., [1977] παρατήρησαν πως η αιματική ροή στο διάφραγμα είναι περίπου 200 ml ανά 100 gr μύος, αλλά δεν μπόρεσαν να καταδείξουν σταθεροποίηση της αιματικής ροής με αυξανόμενα φορτία αντίστασης. Από τα ευρήματα φάνηκε πως οι αναπνευστικοί μύες χρειάζονται ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής ποσότητας οξυγόνου που καταναλώνεται κατά την έντονη άσκηση [Bye et al., 1983]. Σε επίπεδα V_E άνω των 100 L/min⁻¹ η κατανάλωση οξυγόνου από τους αναπνευστικούς μύες κυμαίνεται από 2 ως 8 ml. Επομένως, κατά την έντονη άσκηση, η κατανάλωση του O₂ από τους μύες αυτούς μπορεί να κυμαίνεται από 0.5 ως >1 L. Οι υψηλές ενεργειακές ανάγκες των αναπνευστικών μυών σε κατάσταση έντονης άσκησης, επιβεβαιώνονται και από ευρήματα που εξέτασαν την αιμάτωση των μυών [Bye et al., 1983].

Συνοπτικά, οι μεταβολές στην ανταλλαγή αερίων που συμβαίνουν με την άσκηση είναι οι εξής :

α) Αυξημένος αερισμός του πνεύμονα, στα πλαίσια της αερόβιας προπόνησης λόγω του αυξημένου αναπνεόμενου όγκου και της αναπνευστικής συχνότητας.

β) Αυξημένη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου VO₂max ως αποτέλεσμα της αερόβιας προπόνησης (5-30% βελτίωση). Αυτό οφείλεται στην αύξηση της καρδιακής παροχής, του αριθμού των ερυθρών

αιμοσφαιρίων, στη διαφορά $a\text{-VO}_2$, στην εξισορρόπηση των μυών και στη μεγαλύτερη άντληση οξυγόνου από τους μύες.

γ) Αυξημένο αναερόβιο κατόφλι και καθυστέρηση στην έναρξη παραγωγής γαλακτικού οξέως: Καθώς τα στάδια συνεχίζουν να αυξάνονται, σημειώνεται ένα σημείο στο οποίο η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα αυξάνεται ξαφνικά. Σε χαμηλότερους ρυθμούς εργασίας, το γαλακτικό μεταβολίζεται τόσο γρήγορα όσο παράγεται. Το όριο γαλακτικού οξέος αλλάζει ως αποτέλεσμα της βελτίωσης της αντοχής. Το χρέος οξυγόνου είναι η ποσότητα του αέρα που καταναλώνεται μετά την άσκηση, έως ότου επιτευχθεί μια σταθερή βασική κατάσταση. Οι προπονημένοι αθλητές μπορούν να αυξήσουν την κατανάλωση του O_2 σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι ένα άτομο που δεν αθλείται συστηματικά, οπότε το χρέος οξυγόνου στους αθλητές είναι μικρότερο.

Αναπνευστικές προσαρμογές με την άσκηση

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. [Σταύρου 2013]. Στο αναπνευστικό σύστημα πραγματοποιούνται προσαρμογές ανάλογες με την ένταση, τη διάρκεια και το είδος της άσκησης (Maglisho, 2003). Κατά την άσκηση παρατηρείται αύξηση των αναγκών για κατανάλωση O_2 καθώς και της αποβολής CO_2 , με αποτέλεσμα να αυξάνει ο πνευμονικός αερισμός (VE). Ο αυξημένος VE εξαιτίας της άσκησης, οδηγεί σε αύξηση της εισπνευστικής χωρητικότητας των πνευμόνων σε αυξημένη ελαστικότητα του θωρακικού τοιχώματος και σε αυξημένες τιμές στις αναπνευστικές παραμέτρους όπως ο εκπνεόμενος εφεδρικός όγκος (ERV), ο ταχέως εκπνεόμενος όγκος αέρα στο 1ο s (FEV1), η εισπνευστική χωρητικότητα (IC) και η ταχέως εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα (FVC) [Armour et al., 1993; Crosbie et al., 1979; Schoenberg et al., 1978]. Σε άτομα με συχνή φυσική δραστηριότητα παρατηρείται υψηλότερη ζωτική χωρητικότητα συγκριτικά με άτομα ίδιας ηλικίας, φύλου, ύψους και σωματικής μάζας τα οποία δεν αθλούνται [Crosbie et al., 1979; Schoenberg et al., 1978] και υψηλότερες τιμές στην FVC που σχετίζεται περισσότερο με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του ατόμου [Armour et al., 1993].

Σύμφωνα με τους Leith και Bradley [1976], η προπόνηση των αναπνευστικών μυών (όπως και η προπόνηση άλλων σκελετικών μυών) μπορεί να βελτιώσει τα επίπεδα δύναμης και αντοχής τους. Σε πολλές έρευνες αναφέρεται αύξηση της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης PI_{max} σε ηρεμία μετά από εξειδικευμένη προπόνησή τους για 4-12 εβδομάδες σε άτομα με καλή φυσική κατάσταση [Edwards et al., 2008; Hanel και Secher, 1991], σε δρομείς αντοχής [Inbar και Weineretal., 2000; Williams et al., 2002], σε ποδηλάτες [Romer et al., 2002], σε κωπηλάτες [Griffiths και McConnell, 2007] και σε κολυμβητές [Wells et al., 2005] αγωνιστικού επιπέδου. Σύμφωνα με τους Romer και McConnell [2003], η αύξηση της δύναμης των εισπνευστικών μυών, μετά από μια περίοδο προπόνησης αντιστρέφεται με τη διακοπή της. Σύμφωνα με ευρήματα της μελέτης του Θωμαΐδη [2009] παρατηρήθηκε θετική επίδραση της προπόνησης των εισπνευστικών μυών στη μείωση της κόπωσης μετά από άσκηση, ακόμα και σε αθλητές αγωνιστικού επιπέδου, όπως επίσης και η τάση για αύξηση των FEV_1 και FVC . Η βελτίωση των αναπνευστικών μεταβλητών μέσω εξειδικευμένης προπόνησης των αναπνευστικών μυών μπορεί να βελτιώσει την απόδοση, πιθανόν μέσω βελτίωσης της αίσθησης δύσπνοιας, την καθυστέρηση της κόπωσης των εισπνευστικών μυών, τη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας του αναπνευστικού συστήματος λόγω αλλαγών στον ανταγωνισμό αιματικής ροής μεταξύ αναπνευστικών και κινητήριων μυών [McConnel και Lomax, 2006; Sheel, 2002].

Από την άλλη υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα σύμφωνα με τα οποία, οι σπυρομετρικές μεταβλητές FEV_1 και FVC μειώνονται μετά από άσκηση διαφορετικής έντασης και διάρκειας [Buono et al., 1981; Maron et al., 1979], χωρίς να υπάρχουν παθολογικά αίτια. Συγκεκριμένα η FVC μειώνεται κατά 200 ± 480 ml (5-10% της αρχικής τιμής) και συνοδεύεται με αύξηση του RV . Ο RV παρουσιάζει αύξηση κατά 260 ml μετά από 10 λεπτά άσκησης μέχρι εξάντλησης σύμφωνα με μελέτη που διενεργήθηκε σε δαπεδοεργόμετρο [Buono et al., 1981] και 490 ml μετά από μαραθώνιο [Maron et al., 1979].

Αναπνευστικές προσαρμογές στην κολύμβηση

Η ανάπτυξη μιας πιο αποτελεσματικής αναπνοής ή αποδοτικότερου τρόπου αναπνοής σε σχέση με το στυλ κολύμβησης είναι ίσως η μεγαλύτερη πρόκληση για αρχάριους και ενδιάμεσους κολυμβητές. Τα προβλήματα με την αναπνοή μπορούν εύκολα να επηρεάσουν μια σειρά παραμέτρους της κολύμβησης, όπως την θέση του σώματος, την εγκάρσια οπισθοδρόμηση κ.ά. Ο έλεγχος της αναπνοής εκτός από την άμεση επίδρασή του στην άσκηση, μπορεί να επηρεάσει και μακροπρόθεσμα τους αθλητές, και ιδιαίτερα τους κολυμβητές, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω. Συνήθως ο αναπνευστικός

έλεγχος αφορά την αναπνοή με μικρότερο ρυθμό και συνεισφέρει σε χαμηλότερα επίπεδα γαλακτικού οξέος στο αίμα, δηλαδή η κόπωση στον αθλητή επέρχεται πιο αργά [Holmer & Gullstrand, 1980]. Παρά τον μεγάλο αριθμό ερευνών σχετικά με την κόπωση την προπόνηση των εισπνευστικών μυών, η πλειοψηφία τους αναφέρεται σε άσκηση που δεν συμμετέχει σε μεγάλο βαθμό όλο το σώμα, σε αντιδιαστολή με τον υγρό στίβο στον οποίο συμμετέχει όλο το μυϊκό σύστημα του αθλητή. Γενικά, οι μεταβολές στις αναπνευστικές, φυσιολογικές και βιοχημικές παραμέτρους κατά την άσκηση μπορούν να επηρεάσουν έμμεσα την ταχύτητα κολύμβησης, άρα και την επίδοση ενός κολυμβητή. Το χρονικό σημείο (μέσα στη δοκιμασία) όπου εντοπίζονται οι μεταβολές αυτές παρουσιάζει σημαντικό προπονητικό ενδιαφέρον, σε σύγκριση πάντα με τις παραμέτρους της κολυμβητικής απόδοσης που χρησιμοποιούνται συχνά στην κολύμβηση.

Το κράτημα της αναπνοής κατά τη διάρκεια της κολύμβησης προκαλεί μείωση της ζωτικής χωρητικότητας κατά 4-12% [Bondi et al., 1976], καθώς η συχνότητα αναπνοής είναι μικρότερη (γρήγορη εισπνοή) [Lomax et al., 2011], ενώ ο υπολειπόμενος όγκος φαίνεται πως δεν μεταβάλλεται [Demura et al., 2006]. Η βύθιση στο νερό, καθώς και η οριζόντια θέση του κολυμβητή μπορούν να επηρεάσουν τη μηχανική της αναπνοής, αφού αυξάνεται η υδροστατική συμπίεση γύρω από το στήθος, πιέζοντας το τοίχωμα του στήθους προς τα μέσα όταν οι εισπνευστικοί μύες είναι χαλαροί, δυσκολεύοντας την παραγωγή πίεσης από τους εισπνευστικούς μύες [Frangolias & Rhodes, (1995); Withers & Hamdorf, (1989)]. Παρατηρείται αύξηση της καρδιακής παροχής (αύξηση όγκου παλμού), του κεντρικού όγκου αίματος και συνεπώς και της πνευμονικής αρτηριακής πίεσης. Αντιθέτως, οι εισπνευστικοί μύες ενεργοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό στην κατακόρυφη παρά στην ύπτια θέση κατά την αναπνοή σε ηρεμία [Druz & Sharp, 1981]. Οι διαφορετικές θέσεις σώματος μπορούν επίσης να μεταβάλλουν την καρδιακή παροχή σε ηρεμία [Harms, VanLieshout et al., 2003], καθώς και τις καρδιο-αναπνευστικές ανταποκρίσεις κατά την άσκηση [Stenberg, Astrand et al., 1967]. Επιπλέον, σύμφωνα με τη θέση του σώματος εφαρμόζεται και η ανάλογη αντίσταση του νερού. Όσο πιο οριζόντια είναι η θέση του σώματος μέσα στο νερό, τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση θέσης. Μια λοξή θέση του σώματος μεγαλώνει τη μετωπιαία επιφάνεια που κινείται κάθετα προς το νερό και αυξάνει την αντίσταση. (Schleihau RE. 1979).

Όσον αφορά στις αναπνευστικές μεταβλητές, η βύθιση στο νερό προκαλεί σημαντική μείωση της VC κατά 4-12% [Agostoni et al, (1966); Bondi et al, (1976); Nigorikawa et al, (1987)], μείωση της FRC [Agostini et al., 1966], ενώ ο RV δεν φαίνεται να μεταβάλλεται [Demura et al, 2006]. Η αναπνοή κατά την κολύμβηση είναι διαφορετική σε σχέση με την άσκηση εκτός νερού λόγω των μανουβρών κρατήματος της αναπνοής από τους κολυμβητές και του συγχρονισμού της συχνότητας αναπνοής με

τη χειριά [Holmer & Gullstrand, 1980]. Επίσης, οι μύες του θωρακικού τοιχώματος συνεισφέρουν στην σταθεροποίηση του σώματος του κολυμβητή και συνεπώς στην ίδια την κολυμβητική κίνηση.

Η προπόνηση κολύμβησης έχει βρεθεί πως βελτιώνει την FEV κατά 7% μετά από 7-10 μήνες προπόνησης σε έφηβους κολυμβητές και κολυμβήτριες [Bertholon et al, 1986]. Σύμφωνα με τους Κόκκαλη, Αθανασάκη κ.ά. (2001), Έλληνες κολυμβητές-τριες 9-15 ετών παρουσιάζουν κατά 122% υψηλότερες τιμές στις σπυρομετρικές μεταβλητές σε σχέση με τις προβλεπόμενες για το ίδιο φύλο, ηλικία και ύψος. Σε έρευνα όπου αξιολογήθηκαν 46 Έλληνες κολυμβητές αγωνιστικού επιπέδου (μέση ηλικία: 16. 9 ± 2. 9 έτη, μέση προπονητική ηλικία: 8. 9 ± 2. 7 έτη), οι σχετικές (% απόκλιση από τις προβλεπόμενες) τιμές της FEV και FVC ήταν σημαντικά υψηλότερες (119% και 116% αντίστοιχα) με την προπονητική ηλικία [Θωμάϊδης, Κουτλιάνος κ.α., 2003]. Επίσης, σε αθλητές κολεγίων, η FEV έχει βρεθεί χαμηλότερη στους κολυμβητές σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου τους δρομείς ίδιου επιπέδου [Cordain et al., 1990].

Σύμφωνα με τους Doherty και Dimitriou (1997), Έλληνες κολυμβητές εθνικού επιπέδου παρουσιάζουν υψηλότερη FEV, ενώ σε άλλη μελέτη που διεξήχθη σε Έλληνες κολυμβητές-τριες προ-εφηβικής και εφηβικής ηλικίας, οι αθλητές με καλύτερες επιδόσεις στα 100 m ελεύθερο 100 m ύπτιο παρουσίαζαν και υψηλότερες τιμές στη FVC, FEV [Kokkalis et al., 2001]. Τα παραπάνω αποτελούν ενδείξεις της πιθανής θετικής επίδρασης των υψηλών αναπνευστικών παραμέτρων στην απόδοση των κολυμβητών. Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ ζωτικής χωρητικότητας και μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, η συσχέτιση της VC με την VO₂max σε απόλυτες τιμές είναι υψηλή, αλλά όχι με τη VO₂max όταν εκφράζεται σε σχέση με το μέγεθος σώματος [Maglisco, 1993].

Στη βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί πολλοί πιθανοί λόγοι και μηχανισμοί στους οποίους οφείλονται οι υψηλότερες σπυρομετρικές μεταβλητές για τους κολυμβητές. Οι διαφορές στην ένταση και τη διάρκεια της προπόνησης, η προπόνηση που ξεκινά σε μικρότερη ηλικία [Cordain et al., 1990; Doherty & Dimitriou, 1997], η μεγαλύτερη επιφάνεια-περίμετρος θώρακα στους κολυμβητές [Armour et al., 1993], είναι παράμετροι που μπορεί να επηρεάζουν τις τιμές των παραπάνω μεταβλητών. Το αναπνευστικό στρες που συνδέεται με την υδροστατική πίεση συγκεκριμένα στο κολύμπι (λόγω των μανουβρών κρατήματος της αναπνοής), αυξάνει τη δύναμη των αναπνευστικών μυών [Hamilton & Andrew, 1976]. Επιπρόσθετα, η προπόνηση κολύμβησης μπορεί να βελτιστοποιήσει το μοτίβο αναπνοής μέσω της βελτίωσης συγχρονισμού μεταξύ των θωρακο-κοιλιακών όγκων και της κίνησης των πλευρών [Sarro, Silvatti & Barros, 2008].

Ειδικότερα για τις μεταβολές μετά από μέγιστη προσπάθεια στην κολύμβηση:

Το 2003 οι Lomax και McConnell, αξιολόγησαν 7 καλά προπονημένους κολυμβητές-τριες μέσης ηλικίας 29.9 (\pm 6.4) ετών. Οι παραπάνω συμμετέχοντες, αφού ακολούθησαν 3 δοκιμασίες εξοικείωσης με τις πειραματικές μεθόδους αξιολόγησης, εκτέλεσαν 200 μέτρα (ελεύθερο) στο 90-95% της ταχύτητας του ρυθμού αγώνων (μέσος χρόνος κολύμβησης: 2.7 min). Όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική μείωση της μέγιστης πίεσης P_Imax στην ύπτια θέση μετά την άσκηση (80 ± 15.7 cmH₂O έναντι 112 ± 20.4 cmH₂O πριν), με μέσο ποσοστό μείωσης 29% ($p \leq 0.01$). Με βάση αυτήν την έρευνα, φαίνεται ότι κολυμβητικές δοκιμασίες μικρής χρονικής διάρκειας μπορούν να προκαλέσουν κόπωση των εισπνευστικών μυών. Σε συνδυασμό με τις φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές που συντελούνται κατά την άσκηση μέγιστης προσπάθειας, μπορεί να προκληθεί μείωση της αθλητικής απόδοσης.

Σύμφωνα με τους Clanton T.L. et al. (1987), που μελέτησαν την επίδραση της προπόνησης κολύμβησης στους όγκους των πνευμόνων, φάνηκε ότι όσο ο όγκος του πνεύμονα μεγαλώνει, η μέγιστη πίεση που δημιουργείται από τους εισπνευστικούς μύες μειώνεται., κυρίως λόγω της σχέσης δύναμης – μήκους του σκελετικού μυ. Σε αντίθεση με τις προβλεπόμενες αντιστρεπτές επιδράσεις του όγκου στην πίεση, υπήρξε σημαντική θετική σχέση μεταξύ των μεταβολών στην P_Imax και των μεταβολών στην FRC ($p < 0.025$).

3. Σκοπός

Σκοπός της μελέτης είναι να καταγραφεί και να αξιολογηθεί ο λειτουργικός έλεγχος του αναπνευστικού αθλητών τεχνικής κολύμβησης και κλασικής κολύμβησης και να διερευνηθούν πιθανές διαφορές στις αναπνευστικές παραμέτρους μεταξύ των δύο ομάδων αθλητών. Επιπρόσθετος σκοπός της μελέτης είναι να συσχετίσει τις μεταβλητές των αναπνευστικών παραμέτρων με τις προπονητικές παραμέτρους σε κάθε ομάδα αθλητών.

4. Μεθοδολογία

Συμμετέχοντες

Στη μελέτη μας συμμετείχαν 38 αθλητές υγρού στίβου (αγόρια και κορίτσια) από αθλητικούς ομίλους της Περιφέρειας Θεσσαλίας, ηλικίας 14.5 ± 1.3 έτη, χωρισμένοι σε δύο ομάδες [Αθλητές τεχνικής κολύμβησης (TK), $n=20$; Αθλητές κλασικής κολύμβησης (KK), $n=18$]. Οι αθλητές είχαν ελεύθερο ατομικό ιστορικό καρδιαγγειακού ή αναπνευστικού νοσήματος και δεν ακολουθούσαν κάποια φαρμακευτική αγωγή. Ενημερώθηκαν για τους στόχους, τους κίνδυνους και τη διαδικασία της μελέτης και οι κηδεμόνες τους έδωσαν γραπτή συγκατάθεση συμμετοχής. Τα ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά των δυο ομάδων παρουσιάζονται στο Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων αθλητών (Mean \pm Sd).

		Τεχνική Κολύμβηση (n=20)	Κλασική Κολύμβηση (n=18)
Ηλικία	yrs	15.8 \pm 1.6	14.4 \pm 2.5
Ανάστημα	cm	168.5 \pm 7.1	170.9 \pm 9.3
Μάζα σώματος	kg	59.8 \pm 8.8	65.5 \pm 13.0
Δείκτης μάζας σώματος	kg/h ²	21.0 \pm 1.9	22.0 \pm 2.7
Επιφάνεια σώματος	m ²	1.4 \pm 0.3	1.6 \pm 0.4
Προπονητική ηλικία	yrs	3.9 \pm 0.9	3.4 \pm 0.7
Ώρες προπόνησης / ημέρα	h ⁻¹	1.8 \pm 0.4	1.9 \pm 0.3
Προπονήσεις / εβδομάδα	freq	5.2 \pm 0.6	5.5 \pm 0.6

Συλλογή δεδομένων

- **Σωματομετρικά χαρακτηριστικά**

Για τη μέτρηση της μάζας σώματος χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας τύπου WuanderSan 150 και η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 0.5 kg. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες των Pyne et al., (1996). Το ανάστημα μετρήθηκε σε αναστημόμετρο τύπου WuanderSan 150 και η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 1 cm. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του Norton et al., (2000). Για τον υπολογισμό της επιφάνειας σώματος (Body Surface Area, BSA), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Mosteller (1987): $BSA = [(Υψος_{(cm)} \times Βάρος_{(kg)})/3600]^{1/2}$, ενώ ο δείκτης μάζας σώματος (Body Mass Index, BMI) υπολογίστηκε από τον τύπο: $BMI = [βάρος_{(kg)} / ύψος_{(m)}^2]$.

- **Λειτουργικά χαρακτηριστικά**

Όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής ώστε να προσδιοριστούν οι πνευμονικοί όγκοι, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες ATS/ERS [Miller et al., 2005]. Η μέτρηση της μέγιστης ροής όγκου έγινε με σπιρόμετρο τύπου MasterScreen (VIASYS HealthCare, Germany) με ανοιχτή βαλβίδα και με αισθητήρα Triple V. Οι εξεταζόμενοι, βρισκόμενοι σε καθιστή θέση και με γωνία κορμού - ισχίου στις 90°, εκτέλεσαν οκτώ ήρεμες αναπνοές και μετά μία μέγιστη προσπάθεια. Η διαδικασία αυτή εκτελέστηκε τουλάχιστον τρεις φορές και καταγράφηκε η καλύτερη επίδοση. Για τον προσδιορισμό των FVC και FEV₁ εκτελέστηκαν τουλάχιστον τρεις προσπάθειες με απόκλιση μεταξύ τους <10% ενώ η μεγαλύτερη τιμή χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του λόγου FEV₁ προς FVC (FEV₁ / FVC). Ο εκπνεόμενος εφεδρικός όγκος (ERV), η εισπνευστική χωρητικότητα (IC) και η ζωτική χωρητικότητα (VC) μετρήθηκαν στην ίδια προσπάθεια. Ο λειτουργικός έλεγχος του αναπνευστικού έγινε μεταξύ 10^{:00}-13^{:00} από τον ίδιο εξεταστή και όλοι οι εξεταζόμενοι ήταν σε ηρεμία και οι προσπάθειες εκτελούνταν από καθιστή θέση.

- **Προπονητική ηλικία**

Στους εξεταζόμενους 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 πραγματική προπονητική ηλικία αυτών των αθλητών είναι μεγαλύτερη. Παρόλα αυτά η προπονητική ηλικία καθορίστηκε από τα χρόνια ενασχόλησης με το άθλημα της τεχνικής κολύμβησης [Σταύρου, 2013].

Στατιστική ανάλυση

Τα δημογραφικά στοιχεία, τα δεδομένα της αναπνευστικής λειτουργίας και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών παρουσιάζονται ως μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση (Mean \pm SD). Χρησιμοποιήθηκε Kolmogorov-Smirnov Test για να ελεγχθεί η κανονική κατανομή των δεδομένων. Από τα αποτελέσματα προέκυψε $p < 0.05$ και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε T-Test για ανεξάρτητα δείγματα για να ερευνηθούν πιθανές διαφορές στις παραμέτρους ελέγχου των σωματομετρικών χαρακτηριστικών, του λειτουργικού ελέγχου του αναπνευστικού και των δημογραφικών στοιχείων μεταξύ των αθλητών (τεχνική κολύμβηση έναντι κλασικής κολύμβησης). Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης Bivariate Correlation για να ελεγχθεί η σχέση μεταξύ των μεταβλητών των αναπνευστικών παραμέτρων και των προπονητικών χαρακτηριστικών στις ομάδες αθλητών τεχνικής κολύμβησης και κλασικής κολύμβησης. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 15 (SPSSinc., Chicago, Illinois, USA). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0.05$.

5. Αποτελέσματα

Αποτελέσματα σωματομετρικών και προπονητικών χαρακτηριστικών μεταξύ των ομάδων

Από τα αποτελέσματα ανάλυσης για ανεξάρτητα δείγματα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις παραμέτρους των σωματομετρικών χαρακτηριστικών όπως ηλικία ($t_{(36)} = -2.000$, $p = 0.053$, Πίνακας 1), ανάστημα ($t_{(36)} = 1.293$, $p = 0.20$, Πίνακας 1), μάζα σώματος ($t_{(36)}=1.617$, $p=0.115$, Πίνακας 1), δείκτη μάζας σώματος ($t_{(36)}=1.325$, $p=0.194$, Πίνακας 1) και επιφάνεια σώματος ($t_{(36)}=1.496$, $p=0.143$, Πίνακας 1) μεταξύ των δύο ομάδων.

Ακόμα από τα αποτελέσματα ανάλυσης για ανεξάρτητα δείγματα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις ώρες προπόνησης ανά ημέρα ($t_{(36)}$, 0.736 , $p=0.467$, h^{-1} , Πίνακας 1) και στις ημέρες προπόνησης ανά εβδομάδα ($t_{(36)} = 1.291$, $p=0.205$, $freq$, Πίνακας 1).

Αποτελέσματα αναπνευστικών παραμέτρων μεταξύ των ομάδων

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μεταξύ των αθλητών κλασικής κολύμβησης και τεχνικής κολύμβησης ως προς τις αναπνευστικές παραμέτρους. Από τα αποτελέσματα ανάλυσης για ανεξάρτητα δείγματα δεν παρατηρήθηκε στατιστική σημαντική διαφορά στις απόλυτες τιμές μεταξύ των δύο ομάδων στις παραμέτρους VC ($t_{(36)} = 1.419$, $p=0.164$), IC ($t_{(36)}=t(36)=-0.040$, $p=0.969$), ERV ($t_{(36)} = 1.097$, $p=0.280$), FVC ($t_{(36)} = 0.574$, $p=0.569$), FEV1 ($t_{(36)} = 0.834$, $p=0.410$) και PEF ($t_{(36)} = -1.085$, $p=0.285$). Τέλος, αναφορικά με την ύπαρξη διαφοροποίησης ως προς το ποσοστό (%) των προβλεπόμενων τιμών παρατηρήθηκε στατιστική σημαντική διαφορά στις παραμέτρους ERV ($t_{(36)}=-2.481$, $p<0.05$), PEF ($t_{(36)} = -2.682$, $p<0.05$) και IC ($t_{(36)} = -2.029$, $p=0.05$).

Πίνακας 2. Αποτελέσματα στις αναπνευστικές παραμέτρους μεταξύ των ομάδων (Mean±Sd).

		Τεχνική Κολύμβηση	Κολύμβηση	P
		(n=20)	(n=18)	value
VC	value, L	4.6±0.9	5.0±0.8	0.164
	%	116.2±11.0	116.9±18.6	0.889
IC	value, L	3.2±0.6	3.1±0.7	0.969
	%	119.61±6.8	108.8±15.6	0.050
ERV	value, L	1.6±0.4	1.7±0.3	0.280
	%	120.32±0.7	106.7±11.1	0.018
FVC	value, L	4.7±0.9	4.8±0.7	0.569
	%	117.61±0.5	116.3±13.9	0.753
FEV ₁	value, L	4.0±0.5	4.1±0.6	0.410
	%	118.97±.37	119.3±12.5	0.908
PEF	value, L	11.4±17.3	7.0±0.7	0.285
	%	105.23±.12	101.6±.11	0.011

ERV: Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος αέρα, FEV₁: Μέγιστος εκπνεόμενος όγκος αέρα σε 1s, FVC: Εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα, IC: Εισπνευστική χωρητικότητα, PEF: Μέγιστη ροή αναπνοής, VC: Ζωτική χωρητικότητα, % ποσοστό της προβλεπόμενης τιμής.

Αποτελέσματα συσχέτισης αναπνευστικών παραμέτρων και προπονητικών χαρακτηριστικών

Τα αποτελέσματα συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών των αναπνευστικών παραμέτρων και των προπονητικών χαρακτηριστικών στους αθλητές τεχνικής κολύμβησης και κολύμβησης παρουσιάζονται στους Πίνακες 3 και 4 αντίστοιχα.

Στον πίνακα 3 όπου φαίνονται τα αποτελέσματα των αθλητών τεχνικής κολύμβησης, χρησιμοποιήθηκε συσχέτιση Pearson Correlation για να βρεθεί η σχέση μεταξύ δύο συνεχών μεταβλητών. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της συχνότητας των προπονήσεων/εβδομάδα με την παράμετρο VC ($r = .463$, $p = 0.043$). Επίσης, στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρχε και στις παραμέτρους ERV σε σχέση με την προπονητική ηλικία ($r = .574$, $p = 0.008$) αλλά και με τις ώρες προπόνησης ($r = .520$, $p = 0.019$). Η τελευταία στατιστικά σημαντική διαφορά των μεταβλητών των αναπνευστικών παραμέτρων και των προπονητικών χαρακτηριστικών βρέθηκε στη μέγιστη εκπνευστική ροή με τιμή $r = .542$, $p = 0.014$.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών στους αθλητές τεχνικής κολύμβησης.

		Προπονητική ηλικία (yrs)	Ώρες προπόνησης / ημέρα (h⁻¹)	Προπονήσεις / εβδομάδα (freq)
VC	value, L	-	-	r= .463, p= 0.043
	%	-	-	-
IC	value, L	-	-	-
	%	-	-	-
ERV	value, L	r= .574, p= 0.008	r= .520, p= 0.019	-
	%	-	-	-
FVC	value, L	-	-	-
	%	-	-	-
FEV ₁	value, L	-	-	-
	%	-	-	-
PEF	value, L	r= .542, p= 0.014	-	-
	%	-	-	-

ERV: Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος αέρα, FEV₁: Μέγιστος εκπνεόμενος όγκος αέρα σε 1s, FVC: Εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα, IC: Εισπνευστική χωρητικότητα, PEF: Μέγιστη ροή αναπνοής, VC: Ζωτική χωρητικότητα, % ποσοστό της προβλεπόμενης τιμής.

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συσχέτισης των αναπνευστικών παραμέτρων με τα προπονητικά χαρακτηριστικά στους αθλητές της κλασικής κολύμβησης. Έγινε χρήση συσχέτισης Pearson Correlation για να βρεθεί η σχέση μεταξύ δύο συνεχών μεταβλητών. Από τα αποτελέσματα των αθλητών της κλασικής κολύμβησης παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση της προπονητικής ηλικίας με την παράμετρο IC ως προς το ποσοστό (%) των προβλεπόμενων τιμών (r= .564, p= 0.015), με την παράμετρο ERV (r= .027, p< 0.001) όπως επίσης και με την FVC (r= .478, p= 0.045). Θετική συσχέτιση καταγράφηκε επίσης μεταξύ μέγιστης εκπνευστικής ροής (PEF) και ωρών προπόνησης/ημέρα με τιμή r= .575, p= 0.013. Τέλος, η παράμετρος FEV1 φάνηκε να παρουσιάζει θετική συσχέτιση τόσο με την προπονητική ηλικία (r= .631, p= 0.005) όσο και με τις ώρες προπόνησης/ημέρα (r= .482, p= 0.043).

Πίνακας 4. Αποτελέσματα συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών στους αθλητές κολύμβησης.

		Προπονητική ηλικία (yrs)	Ώρες προπόνησης / ημέρα (h⁻¹)	Προπονήσεις / εβδομάδα (freq)
VC	value, L	-	-	-
	%	-	-	-
IC	value, L	-	-	-
	%	r= .564, p= 0.015	-	-
ERV	value, L	-	-	-
	%	-	-	r= .027, p< 0.001
FVC	value, L	r= .478, p= 0.045	-	-
	%	-	-	-
FEV ₁	value, L	r= .631, p= 0.005	r= .482, p= 0.043	-
	%	-	-	-
PEF	value, L	-	r= .575, p= 0.013	-
	%	-	-	-

ERV: Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος αέρα, FEV₁: Μέγιστος εκπνεόμενος όγκος αέρα σε 1s, FVC: Εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα, IC: Εισπνευστική χωρητικότητα, PEF: Μέγιστη ροή αναπνοής, VC: Ζωτική χωρητικότητα, % ποσοστό της προβλεπόμενης τιμής.

6. Συζήτηση

Η μελέτη μας είχε ως σκοπό να διερευνήσει πιθανές διαφορές στον λειτουργικό έλεγχο της αναπνοής μεταξύ αθλητών τεχνικής και κλασικής κολύμβησης. Τα ευρήματα της μελέτης μας καταδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ομάδων με τους αθλητές της τεχνικής κολύμβησης να εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερες τιμές στο ποσοστό των προβλεπόμενων τιμών στις παραμέτρους IC, ERV και PEF έναντι των αθλητών κλασικής κολύμβησης.

Από τα ευρήματα της μελέτης μας παρατηρήθηκε πως οι τιμές στην IC ήταν χαμηλότερες στους αθλητές κολύμβησης σε σχέση με του αθλητές τεχνικής κολύμβησης. Η IC ερμηνεύει το άθροισμα του εισπνευστικού εφεδρικού όγκου αέρα και του αναπνεόμενου όγκου αέρα, δηλαδή τη μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορεί να εισπνευστεί μετά την επίτευξη ήρεμης εκπνοής. Η IC χρησιμοποιείται ως δείκτης για την αναπνευστική ικανότητα κατά την άσκηση αλλά και για την διάρκεια της έντασης. Οι χαμηλότερες τιμές στην IC αυξάνουν την πιθανότητα δυναμικών μηχανικών περιορισμών σε σχετικά χαμηλές εντάσεις άσκησης, περιορίζοντας έτσι περαιτέρω τις αυξήσεις στον αερισμό. Επιπλέον ο δείκτης IC σχετίζεται με την έντονη άσκηση και μπορεί να ανιχνεύσει περιορισμό της άσκησης [Guenette et al., 2013] και σχετίζεται με τη κατακράτηση CO₂ κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Προηγούμενες μελέτες υποστήριζαν πως κατά την έντονη άσκηση μπορεί να αυξηθεί ο δείκτης ERV έως και 260 ml [Buono et al., 1981; Maron et al., 1979]. Ο δείκτης ERV ερμηνεύει τον επιπλέον όγκο αέρα που μπορεί να εκπνευστεί από τους πνεύμονες σε μια μέγιστη προσπάθεια πέρα από το επίπεδο που φτάνει στο τέλος μιας κανονικής εκπνοής. Η υποχρεωτική χρήση του αναπνευστήρα στους αθλητές τεχνικής κολύμβησης τόσο κατά την προπόνηση όσο και κατά τους αγώνες πιθανόν να επηρέασε θετικά στην αύξηση των τιμών. Σύμφωνα με τον Toklu [2003] ο αναπνευστήρας προσθέτει έναν επιπλέον κενό χώρο (160-170 ml) και προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση CO₂ στον εισπνεόμενο αέρα, εξαιτίας του εκπνεόμενου αέρα που παγιδεύεται στον αναπνευστήρα. Οι υψηλότερες τιμές στους αθλητές τεχνικής κολύμβησης πιθανόν να σχετίζονται με την ανάγκη για O₂ και γρήγορη απομάκρυνση το CO₂ και του επιπλέον CO₂ που συγκεντρώνεται μέσα στον αναπνευστήρα. Σύμφωνα με τον Toklu (2003), που μελέτησε τη μεταβολική και αναπνευστική απόκριση στην επανεισπνοή του εκπνεόμενου αέρα στον αναπνευστήρα, σε ηρεμία αλλά και σε άσκηση, με και χωρίς τη χρήση του αναπνευστήρα, παρατήρησε υψηλότερη συγκέντρωση CO₂ στον αναπνεόμενο αέρα και στην επανεισπνοή στους αθλητές που χρησιμοποιούσαν αναπνευστήρα. Αυτός ο μηχανισμός πιθανόν να συνέβαλε στην ενδυνάμωση των αναπνευστικών μυών στην προσπάθεια να απομακρύνουν την περίσσεια ποσότητα CO₂, όπως προκύπτει και από τις υψηλότερες τιμές που παρατηρούνται στην ομάδα της τεχνικής κολύμβησης. Επιπλέον, η αύξηση των τιμών του ERV

σχετίζονται με την υψηλότερη θέση που παίρνει το διάφραγμα κατά την έντονη άσκηση με αποτέλεσμα την αύξηση της ενδοθωρακικής πίεσης και την μείωση της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης [Coast και Weise, 1990] όπως πιθανόν να συμβαίνει και από το στυλ κολύμβησης στους αθλητές τεχνικής κολύμβησης. Οι διαφορές της έντασης και της διάρκειας της προπόνησης [Cordain et al., 1990; Doherty και Dimitriou, 1997] καθώς και ο διαφορετικός σωματότυπος πιθανόν να σχετίζονται με τις διαφορές που παρατηρήθηκαν στις τιμές της PEF [Armour et al., 1993]. Οι πνευμονικοί όγκοι αέρα σχετίζονται με τη δύναμη των αναπνευστικών μυών και η χρήση αναπνευστήρα πιθανόν να συνέβαλε θετικά στην μεταβολή αυτών των τιμών μετά από μακροχρόνια προπόνηση. Η παράμετρος PEF είναι δείκτης που σχετίζεται με την δύναμη των αναπνευστικών μυών και ερμηνεύει τη μέγιστη ταχύτητα εκπνοής ενός ατόμου. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων στον FEV₁ παρόλο που προηγούμενες μελέτες έχουν υποστηρίξει πως οι αθλητές τεχνικής κολύμβησης έχουν χαμηλότερες τιμές στον FEV₁ εξαιτίας ενεργοποίησης λιγότερων μυϊκών ομάδων κατά την διάρκεια της άσκησης και κατ' επέκταση μικρότερης ανάγκης για O₂ [Stavrou et al., 2018].

Σε μελέτη των Nilesh et al. [2012] αναφέρεται πως οι παράμετροι του αναπνευστικού βελτιώνονται περισσότερο από άλλες παραμέτρους (π.χ. δύναμη) στους κολυμβητές και η εισπνευστική ικανότητα μπορεί να είναι η πρώτη παράμετρος με την οποία βελτιώνεται κολυμπώντας πιθανόν λόγω της αύξησης της αντοχής των επικουρικών αναπνευστικών μυών. Οι επικουρικοί αναπνευστικοί μύες δεν συστέλλονται κατά την πλήρη αναπνοή και είναι ανενεργοί, αλλά ασκούνται κατά τη διάρκεια της έντονης μυϊκής άσκησης [Campbell, 1958]. Οι μεγάλοι πνεύμονες οδηγούν σε αυξημένο αναπνεύσιμο όγκο που συμβάλλει περισσότερο στον μικρό όγκο του αναπνευστήρα απ' ό,τι στα άτομα με μικρότερους πνεύμονες (Nilesh et al. 2012). Το μέγεθος του πνεύμονα είναι ένας από τους παράγοντες που καθορίζουν τον παλιρροϊκό όγκο και η προπόνηση είναι γνωστό ότι αυξάνει το μέγεθος των πνευμόνων. Οι Khosravi et al. 2013, ανέφεραν πως η προπόνηση αντοχής σε συνδυασμό με την προπόνηση αντίστασης έχουν μεγαλύτερες επιδράσεις στην VC, FVC, στην αξιολόγησης του FEF στο 25%-75% και PEF, εκτός από το MVV.

7. Συμπέρασμα

Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας προέκυψαν διαφορές στις αναπνευστικές παραμέτρους IC, ERV και PEF με τους αθλητές τεχνικής κολύμβησης να επιτυγχάνουν υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα των κολυμβητών. Οι διαφορές στις μεταξύ των ομάδων πιθανόν να οφείλονται στην ενεργοποίηση διαφορετικών μυϊκών ομάδων, στο διαφορετικό στυλ κολύμβησης και θέσης σώματος στο νερό καθώς επίσης και στη χρήση του ειδικού εξοπλισμού (αναπνευστήρα).

8. Βιβλιογραφία

1. Armour J, Donnelly PM, Bye PT. The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? *Eur. Respir. J.* 1993 ;6(2):237-47.
2. Buono, M.J., Constable, S.H., Morton, A.R., Rotkis, T.C., Stanforth, P.R. & Wilmore, J.H. (1981). The effect of an acute bout of exercise on selected pulmonary function measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13, 290-293.
3. Bye, P.T.P. & Farkas, G.A. (1983). Respiratory factors limiting exercise. *Annual Review of Physiology*, 45, 439-451.
4. Campbell E J N. The respiratory muscles and the mechanics of breathing. Year Book Medical Publishers Incorporated- 1958 as quoted by Comroe J.
5. Cheng YJ, Macera CA, Addy CL, Sy FS, Wieland D, Blair SN. Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. *Br J Sports Med* 2003, 37:521–528.
6. Clanton, T.L., Dixon, G.F., Drake, J., Gadek, J.E. (1987). Effects of swim training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning. *Journal of Applied Physiology*, 62, 39-46.
7. CMAS, Finswimming Rules 2010.
8. Coast, J.R. & Weise, S.D. (1990). Lung volume changes and maximal inspiratory pressure. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 10, 461-464.
9. Conti AA. Swimming, physical activity and health: a historical perspective *Clin Ter.* 2015;166(4):179-82.
10. Cordain L., Tucker, A., Moon, D. & Stager, J.M. (1990). Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61, 70-74.
11. Courteix D, Obert P, Lecoq AM, Guenon P, Koch G. Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistance and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;76(3):264-9.
12. Crosbie WA, Reed JW, Clarke MC. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. *Journal of Appl. Physiol. Respir. Environ Exerc. Physiol.* 1979 ;46(4):639-45.
13. Demura, S., Yamaji, S. & Kitabayashi, T. (2006). Residual volume on land and when immersed in water: effect on percent body fat. *Journal of Sport Sciences*, 24, 825-833
14. Doherty, M & Dimitriou, L. (1997). Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 337-341.

15. Edwards, A.M., Wells, C. & Butterly, R. (2008). Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000 m running performance compared with cardiovascular training alone. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 523-527.
16. Gallagher, C.G., Brown, E. & Younes, M. (1987). Breathing pattern during maximal exercise and during submaximal exercise with hypercapnia. *Journal of Applied Physiology*, 63, 238-244.
17. Griffiths, L.A. & McConnell, A.K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 99, 457-466
18. Hanel, B. & Secher, N.H. (1991). Maximal oxygen uptake and work capacity after inspiratory muscle training: a controlled study. *Journal of Sports Sciences*, 9, 43-52.
19. Hayes D, Kraman S. The Physiologic Basis of Spirometry. *Respir Care*. 2009; 54:1717– 1726
20. Holmer, I., & Gullstrand, L. (1980). Physiological responses to swimming with a controlled frequency of breathing. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 2, 1-6.
21. Inbar, O, Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A. & Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1233-1237.
22. Johnson, B.D., Aaron, E.A., Babcock, M.A. & Dempsey, J.A. (1996). Respiratory muscle fatigue during exercise: implications for performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1129-1137.
23. Khosravi, M., Tayebi, S.M. & Safari, H. (2013). Single and concurrent effects of endurance and resistance training on pulmonary function. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 16, pp.628-34.
24. Lavin KM, Guenette JA, Smoliga JM, Zavorsky GS. Controlled-frequency breath swimming improves swimming performance and running economy. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 ;25(1):16-24.
25. Leith, D.E. & Bradley, M. (1976). Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 41, 508-516.
26. Lemaitre F, Coquart JB, Chavallard F, Castres I, Mucci P, Costalat G, Chollet D. Effect of additional respiratory muscle endurance training in young well-trained swimmers. *J Sports Sci Med*. 2013 1;12(4):630-8.
27. Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign IL: Human Kinetics.
28. Maron, M.B., Hamilton, L.H. & Maksud, M.G. (1979). Alterations in pulmonary function consequent to competitive marathon running. *Medicine and Science in Sports*, 11, 244-249

29. McConnell, A.K. & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *Journal of Physiology*, 577, 445-457.
30. Miller, M.R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, M., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D.C., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O.F., Pellegrino, R., Viegi, G., and Wanger, J. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 2005, 26: 319-38.
31. Miyasaka KW, Suzuki Y, Miyasaka K. Unexpectedly severe hypoxia during sprint swimming. *J Anesth*. 2002;16(1):90-1.
32. Murray, J.F. & Nadel, J.A. (1994). *Textbook of respiratory medicine (2nd Edition)*. Volume 1. Philadelphia: W.B. Saunders.
33. NHLBI Workshop. Respiratory muscle fatigue: report of the respiratory muscle fatigue workshop group. *Am Rev Respir Dis* 1990;142:474–86.
34. Nilesh Netaji Kate, Chandrika G. Teli, Ambareesha Kondam, Madhuri A, Suresh M, Chandrashekar M. The Effect Of Short, Intermediate And Long Duration Of Swimming On Pulmonary Function Tests. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS)* ISSN: 2278-3008. Volume 4, Issue 3 (Nov. – Dec. 2012), PP 18-20.
35. Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M (1996). Measurement techniques in anthropometry. In: Norton K, Olds T (eds) *Anthropometrica*. University of New South Wales Press, Sydney, pp 44–53.
36. Otis, A.B. (1954). The work of breathing. *Physiological Reviews*, 34, 449-458.
37. Robertson, C.H., Foster, G.H. & Johnson, R.L. (1977). The relationship of respiratory failure to the oxygen consumption of, lactate production by, and distribution of blood flow among respiratory muscles during increasing inspiratory resistance. *Journal of Clinical Investigation*, 59, 31-42.
38. Romer, L.M. & McConnell, A.K. (2003). specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 237-244.
39. Romer, L.M., McConnell, A.K. & Jones, D.A. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 785-792.
40. Schleihauf RE. A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In: Hollander AP, Huijing PA, De Groot G, editors. *Swimming HI*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc; 1979. p. 173-83.
41. Schoenberg, J.B., Beck, G.J. & Bouhuys, A. (1978). Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. *Respiration Physiology*, 33, 367-393.

42. Sheel, A.W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Medicine*, 32, 567-581.
43. Stavrou V., Vavougiος G., Karetsi E., Adam G., Daniil Z. & Gourgoulιanιs K.I. (2018). Evaluation of respiratory parameters in finswimmers regarding gender, swimming style and distance. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 254: 30-31.
44. Toklu AS, Kayseriliođlu A, Unal M, Ozer S, Aktaş S. Ventilatory and metabolic response to rebreathing the expired air in the snorkel. *Int J Sports Med*. 2003 ;24(3):162-5.
45. Tzelepis GE, Kasas V, McCool FD. Inspiratory muscle adaptations following pressure or flow training in humans. *Eur J ApplPhysiolOccup Physiol*. 1999 ;79(6):467-71.
46. Volianitis, S., McConnell, A.K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K. & Jones, D. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 803-809.
47. Wells, G.D., Plyley, M., Thomas, S., Goodman, L. & Duffin, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 527-540.
48. Whipp, B.J. & Ward, S.A. (1998). Determinants and control of breathing during muscular exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 199-211.
49. Williams, J.S., Wongsathikun, J., Boon, S.M. & Acevedo, E.O. (2002). Inspiratory muscle training fails to improve endurance capacity in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1194-1198.
50. Θωμαΐδης, Σ., Κουτλιάνος, Α., Γαβρηλίδου, Α. & Κουτλιάνος, Ν. (2003). Πνευμονικοί όγκοι και χωρητικότητες ηρεμίας κολυμβητών-τριων υψηλού επιπέδου. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ιατρική της Άθλησης στον 21^ο Αιώνα», UniversityStudioPress, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
51. Σταύρου, Β. Η επίδραση της προπόνησης με περιορισμένη συχνότητα αναπνοής στους καρδιακούς δείκτες και την αθλητική απόδοση. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τρίκαλα, 2013.

9. Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων αθλητών (Mean \pm Sd).

Πίνακας 2. Αποτελέσματα στις αναπνευστικές παραμέτρους μεταξύ των ομάδων (Mean \pm Sd).

Πίνακας 3. Αποτελέσματα συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών στους αθλητές τεχνικής κολύμβησης.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών στους αθλητές κολύμβησης.