

# ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

## ΜΕΓΑΛΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Της

Ευαγγελίας Αργυρόπαις

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβάλλεται  
στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του  
μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος  
«Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και  
Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας  
στην κατεύθυνση «Παιδαγωγική και Δημιουργική Μάθηση».

Κομοτηνή  
2009

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα :

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Γούργουλης Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Αγγελούσης Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής

3<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Αντωνίου Παναγιώτης, Επίκουρος Καθηγητής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 7233/1

Ημερ. Εισ.: 30/07/2009

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: Δ

797.210 72

ΑΡΓ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000092850

## **ΑΦΙΕΡΩΣΗ**

Θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα εργασία στους γονείς μου και την αδερφή μου, οι οποίοι με στήριξαν απόλυτα κατά την διάρκεια προετοιμασίας της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Η αγάπη και η συμπαράσταση τους υπήρξε ανεκτίμητη και καθοριστική για όλα όσα έχω καταφέρει έως σήμερα. Η παρουσία τους θα μου δίνει την δύναμη για την εκπλήρωση μελλοντικών στόχων.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Βασίλειο Γούργουλη, και τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κυρίους Νικόλαο Αγγελούση και Παναγιώτη Αντωνίου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ευαγγελία Αργυρόπαις: Δείκτης συντονισμού κατά την κολύμβηση με αντίσταση μεγάλης λεκάνης.

(Με την επίβλεψη του κ. Γούργουλη Βασιλείου, Αναπληρωτή Καθηγητή)

Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνηθούν τυχόν μεταβολές στο πρότυπο συγχρονισμού των χεριών στο ελεύθερο στυλ κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης σε γυναίκες κολυμβήτριες. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβήτριες που εκτέλεσαν με τυχαία σειρά από μία προσπάθεια (25m) με μέγιστη ένταση (100%), χωρίς αντίσταση και με έλξη αντίστασης, που προερχόταν από μία μεγάλη λεκάνη διαμέτρου 35 cm και χωρητικότητας 6.5 lt. Για την καταγραφή της κίνησης χρησιμοποιήθηκαν 4 αναλογικές κάμερες S-VHS και η ψηφιοποίηση επιλεγμένων σημείων πάνω στο σώμα έγινε μέσω του συστήματος Ariel Performance Analysis System. Υπολογίστηκαν η μέση κολυμβητική ταχύτητα, το μήκος χεριάς, η συχνότητα χεριάς, ο δείκτης συγχρονισμού (IdC), καθώς και η απόλυτη και σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε t-test για εξαρτημένα δείγματα. Κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας ( $t_9 = 34.85, p < .05$ ), του μήκους χεριάς ( $t_9 = 14.92, p < .05$ ) και της συχνότητας χεριάς ( $t_9 = 7.94, p < .05$ ), ενώ ο δείκτης συγχρονισμού παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση ( $t_9 = 8.04, p < .05$ ), που αποδίδεται στην αύξηση της σχετικής διάρκειας της συνολικής προωθητικής φάσης ( $t_9 = 13.20, p < .05$ ) και τη μείωση της σχετικής διάρκειας της μη προωθητικής φάσης ( $t_9 = 13.20, p < .05$ ). Κατά συνέπεια, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαφοροποιείται ο τρόπος συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών, καθώς μειώνεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών και αυξάνεται ο χρόνος εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων.

**Λέξεις Κλειδιά:** συντονισμός, έλξη αντίστασης, κινηματική ανάλυση, φάσεις χεριάς, κολύμβηση.

## ABSTRACT

Evangelia Argyropais: The index of coordination during resisted swimming with large bowl.

(Under the supervision of Vassilios Gourgoulis, Associate Professor)

The aim of the research was to investigate possible modifications on the arm coordination in female front crawl swimmers, during swimming with added resistance. Ten female swimmers swam at a maximal intensity 25m without and with added resistance, which was applied by a bowl with a diameter of 35cm and capacity of 6.5 lt. Four S-VHS cameras were used to record the underwater motion of both arms and the digitizing of selected points onto the subject's body was undertaken using the Ariel Performance Analysis System. The mean swimming velocity, the stroke length, the stroke rate, the index of coordination (IdC) and the absolute and relative duration of the separate phases of the stroke were calculated. For the statistical treatment of the data the t-test for dependent samples was used. When swimming with added resistance the mean swimming velocity ( $t_9 = 34.85, p < .05$ ), the stroke length ( $t_9 = 14.92, p < .05$ ) and the stroke rate ( $t_9 = 7.94, p < .05$ ) were significantly decreased, while the index of coordination significantly increased ( $t_9 = 8.04, p < .05$ ), because of the increase of the relative duration of the whole propulsive phase ( $t_9 = 13.20, p < .05$ ) and the decrease of the relative duration of the non propulsive phase ( $t_9 = 13.20, p < .05$ ). These results revealed that in front crawl swimming with added resistance the pattern of arm-coordination is modified, as the time interval between the propulsive phases from the two arms is decreased and the time of the application of propulsive forces is increased.

**Key-Words:** Coordination, added resistance, kinematical analysis, stroking phases, swimming.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	i
ABSTRACT.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	i
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	i
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
Σκοπός.....	3
Λειτουργικοί ορισμοί.....	4
Ερευνητικές και μηδενικές υποθέσεις .....	4
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	6
Διαχωρισμός φάσεων της χεριάς στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης.....	6
Συχνότητα χεριάς – μήκος χεριάς.....	6
Μήκος και συχνότητα χεριάς σε σχέση με την κολυμβητική ταχύτητα .....	7
Συγχρονισμός χεριών (IdC) .....	9
Πόδια και τεχνική .....	15
Τεχνική και δείκτης συντονισμού (IdC) .....	16
Προωθητικές φάσεις και δείκτης συντονισμού (IdC).....	16
Ταχύτητα και δείκτης συντονισμού (IdC) .....	18
Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον δείκτη συντονισμού (IdC).....	21
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	23
Δείγμα .....	23
Χαρακτηριστικά δείγματος.....	23
Περιγραφή των οργάνων.....	23
Διαδικασία μέτρησης.....	23
Στατιστική ανάλυση.....	26
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	27
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	50

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του μήκους χεριάς, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....27
- Πίνακας 2.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της συχνότητας χεριάς, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και μεγάλη λεκάνη .....28
- Πίνακας 3.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....29
- Πίνακας 4.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του δείκτη συντονισμού, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....30
- Πίνακας 5.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας γλιστρήματος, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....31
- Πίνακας 6.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας του γλιστρήματος ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....32
- Πίνακας 7.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της έλξης, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....33
- Πίνακας 8.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....34
- Πίνακας 9.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της ώθησης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....35
- Πίνακας 10.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της ώθησης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....36
- Πίνακας 11.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της προωθητικής φάσης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....37
- Πίνακας 12.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....38

<b>Πίνακας 13.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της μη προωθητικής φάσης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	39
<b>Πίνακας 14.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της μη προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	40
<b>Πίνακας 15.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της υποβρύχιας έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	41
<b>Πίνακας 16.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της υποβρύχιας έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	42
<b>Πίνακας 17.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της επαναφοράς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	43
<b>Πίνακας 18.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της επαναφοράς ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	44
<b>Πίνακας 19.</b> Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του χρόνου της συνολικής έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	45



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.** Μοντέλο της Αντίθεσης- το ένα χέρι ξεκινά την φάση έλξης όταν το άλλο έχει τελειώσει την φάση ώθησης (Chollet et al. 2000) .....11
- Σχήμα 2.** Εμφάνιση χρονικής διαφοράς μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chollet et al. 2000) .....12
- Σχήμα 3.** Εμφάνιση επικάλυψης μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chollet et al. 2000) .....13
- Σχήμα 4.** Το μοντέλο του πιασίματος σε υψηλές τιμές ταχύτητας της χεριάς (SR). Η μεγαλύτερη διάρκεια της φάσης A (γλίστρημα), και η μικρότερη διάρκεια της φάσης C (ώθηση), ευνοούν την απελευθέρωση του ενός χεριού, πριν την έναρξη της προς τα πίσω κίνησης του άλλου. Οι προωθητικές φάσεις δεν επικαλύπτονται. Τα σχήματα ○● αναπαριστούν την θέση του δεξιού & του αριστερού χεριού που καταγράφει ένας μέτριος κολυμβητής σε 55 κύκλους / λεπτό, οι αριθμοί 1–16 αναπαριστούν τις 16 πορείες των δύο χεριών. Το σημείο 1 ανταποκρίνεται στην αρχή της φάσης B (έλξη), του ενός χεριού (μαύρο σημείο). Η καμπυλώδης γραμμή αναπαριστά (σχηματικά), την υποβρύχια κίνηση του χεριού σε σχέση με το σταθερό ώμο κατά τη διάρκεια μιας χεριάς (Potdevin et al., 2006) .....14
- Σχήμα 5.** Προωθητικές και μη – προωθητικές φάσεις σε ένα κύκλο χεριάς.  
A: Μη – προωθητική φάση → Είσοδος και Πιάσιμο (γλίστρημα)  
B: Προωθητική φάση → Έλξη  
C: Προωθητική φάση → Ωθηση  
D: Μη – προωθητική φάση → Επαναφορά (συμβαίνει έξω από το νερό)  
Προωθητικές και μη – προωθητικές φάσεις σε ένα κύκλο χεριάς.....16
- Σχήμα 6.** Μέσοι όροι του μήκους χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....27
- Σχήμα 7.** Μέσοι όροι της συχνότητας χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....28
- Σχήμα 8.** Μέσοι όροι της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....29

<b>Σχήμα 9.</b> Μέσοι όροι του δείκτη συντονισμού κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	30
<b>Σχήμα 10.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας γλιστρήματος κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	31
<b>Σχήμα 11.</b> Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας του γλιστρήματος ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	32
<b>Σχήμα 12.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	33
<b>Σχήμα 13.</b> Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	34
<b>Σχήμα 14.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της ώθησης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	35
<b>Σχήμα 15.</b> Μέσοι όροι σχετικής διάρκειας της ώθησης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	36
<b>Σχήμα 16.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της προωθητικής φάσης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	37
<b>Σχήμα 17.</b> Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	38
<b>Σχήμα 18.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της μη προωθητικής φάσης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	39
<b>Σχήμα 19.</b> Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της μη προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκειας της χεριάς κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	40
<b>Σχήμα 20.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της υποβρύχιας έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	41
<b>Σχήμα 21.</b> Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της υποβρύχιας έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.....	42
<b>Σχήμα 22.</b> Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της επαναφοράς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	43

<b>Σχήμα 23.</b> Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της επαναφοράς ως προς τη συνολική διάρκεια της χειράς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	44
<b>Σχήμα 24.</b> Μέσοι όροι του χρόνου της συνολικής έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη .....	45

## ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΜΕΓΑΛΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Η κολύμβηση είναι ένα άθλημα που αποτελείται από αμφίπλευρες κυκλικές κινήσεις των μελών του σώματος, με εξαίρεση τις εκκινήσεις και τις στροφές. Μετά από έρευνες έχει διαπιστωθεί ένα πλήθος παραγόντων που συνδέονται άμεσα με την απόδοση των κολυμβητών, όπως τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (Grimston & Hay, 1986; Pelayo, Sidney, Kherif, Chollet & Tourny, 1996), η παθητική και ενεργητική αντίσταση (Hollander, De Groot, Van Ingen Schenau, 1986; Kolmogorov & Dublischeva, 1992), οι προωθητικές δυνάμεις (Schleihauf, Higgins, Hinricks, Luedtke, Maglisch, Maglisch & Thayer, 1988; Rouard, Schleihauf & Troup, 1996), η σχέση μήκους και συχνότητας χεριάς (Arellano, Brown, Cappaert, Nelson, 1994; Pelayo, Sidney, Kherif, Chollet & Tourny, 1996; Seifert, Chollet & Bardy, 2004), καθώς και η επιδεξιότητα και οι κατάλληλοι χειρισμοί σε έναν αγώνα (Seifert et al., 2004).

Σημαντικό επίσης είναι το υψηλό ποσοστό συμμετοχής των άνω άκρων στη προώθηση του σώματος του κολυμβητή (Toussaint & Beek, 1992), και κατά συνέπεια για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων (Birrer & Levine, 1987; Costill, Sharp & Troup, 1980) απαιτείται ένα καλό επίπεδο δύναμης των χεριών. Κατ' επέκταση, οι περισσότεροι κολυμβητές προσπαθούν να βελτιώσουν τη δύναμη των άνω άκρων μέσω διαφόρων μορφών προπόνησης (Maglisch, 1997; Payton & Lauder, 1995).

Ωστόσο, η αρχή της εξειδίκευσης, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική προπόνηση, σύμφωνα με την οποία οι ασκήσεις δύναμης θα πρέπει να «μimούνται» όσο το δυνατόν περισσότερο τη συγκεκριμένη αγωνιστική δεξιότητα (Costill et al., 1980; Maglisch, 1993; Schleihauf, 1983).

Για το σκοπό αυτό στην κολύμβηση χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι προπόνησης μέσα στο νερό, όπως για παράδειγμα κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια διαφόρων μεγεθών, κολύμβηση με «ρούχα» ή κολύμβηση με αντίσταση, όπου οι κολυμβητές διανύουν τις διάφορες αποστάσεις έλκοντας κάποιας μορφής

φορτίο. Ένα τέτοιο είδος προπόνησης είναι και η κολύμβηση ενάντια στην αντίσταση μιας λεκάνης που σέρνει ο κολυμβητής πίσω του καθώς κολυμπά.

Το ερώτημα που τίθεται ωστόσο είναι κατά πόσο μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά της χεριάς των κολυμβητών, όταν χρησιμοποιούνται τέτοιας μορφής αντιστάσεις. Καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματική κολύμβηση φαίνεται επίσης να είναι ο συγχρονισμός μεταξύ των δύο χεριών, ο τρόπος δηλαδή με τον οποίο οργανώνονται και ελέγχονται οι αμφίπλευρες κινήσεις των μελών του σώματος, οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάσουν και να καθορίσουν ως ένα βαθμό παραμέτρους όπως: η θέση σώματος, η σχέση μήκους και συχνότητας χεριάς, η ενεργητική αντίσταση, η αναπτυσσόμενη συνολική προωθητική δύναμη κλπ.

Σύμφωνα με τους Costill, Maglisco & Richardson (1992), κατά τον ιδανικό συγχρονισμό μεταξύ των δύο χεριών θα πρέπει να λαμβάνει χώρα μια διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Αυτός ο τύπος συγχρονισμού των δύο χεριών χαρακτηρίζεται ως «μοντέλο της αντίθεσης».

Αυτό το μοντέλο συγχρονισμού χαρακτηρίζεται από απουσία φάσεων χρονικής καθυστέρησης κατά την εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Αντίθετα, οι Chatard, Collomp, Maglisco & Maglisco (1990), θεωρούν οικονομικότερο από άποψη ενεργειακού κόστους, το «μοντέλο της υπέρθεσης», όπου παρατηρείται επικάλυψη των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Οι παραπάνω ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι περίοδοι ταυτόχρονης εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, αντισταθμίζουν τις μη προωθητικές φάσεις.

Για την αξιολόγηση και την καταγραφή του τύπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης χρησιμοποιείται τελευταία ένας νέος δείκτης, ο δείκτης συντονισμού (IdC). Για τον υπολογισμό του συγκεκριμένου δείκτη καταγράφεται η χρονική καθυστέρηση, μεταξύ της έναρξης της προωθητικής φάσης του ενός χεριού και της λήξης της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού. Ο μέσος όρος της χρονικής καθυστέρησης στην εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, εκφράζεται στη συνέχεια ως ποσοστό του μέσου όρου της διάρκειας της χεριάς, και η τιμή που προκύπτει είναι ο δείκτης συντονισμού (Chollet, Chalies & Chatard, 2000).

Μέσω αυτού του δείκτη μπορούν να περιγραφούν τρία διαφορετικά μοντέλα συγχρονισμού των δύο χεριών που παρατηρούνται στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης:

- το μοντέλο της αντίθεσης, όπου τη στιγμή που τελειώνει η προωθητική φάση του ενός χεριού αρχίζει η προωθητική φάση του άλλου χεριού, και έτσι παρατηρείται διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια,
- το μοντέλο του πιασίματος, όπου παρατηρείται μια χρονική καθυστέρηση μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών, και
- το μοντέλο της υπέρθεσης, όπου παρατηρείται μια επικάλυψη των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών.

Ο δείκτης συντονισμού φαίνεται να αυξάνεται, καθώς αυξάνεται η κολυμβητική ταχύτητα και σημειώνεται μια μετάβαση από το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της αντίθεσης ή ακόμη και στο μοντέλο της υπέρθεσης.

Συγκεκριμένα, για τα 800 m, ένα αγώνισμα μεγάλης απόστασης που διανύεται με σχετικά μικρή ταχύτητα, ο συγχρονισμός σχετίζεται με το μοντέλο του πιασίματος, όπου παρατηρείται χρονική καθυστέρηση μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Αντίθετα, για τα αγωνίσματα των 50 και 100 m, που αποτελούν μικρές αποστάσεις οι οποίες διανύονται με μεγάλη ταχύτητα, ο συγχρονισμός σχετίζεται με το μοντέλο της αντίθεσης, όπου παρατηρείται διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, καθώς και με το μοντέλο της υπέρθεσης όπου παρατηρείται επικάλυψη των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chollet et al., 2000).

Κατά την κολύμβηση με αντιστάσεις ωστόσο δεν έχει μελετηθεί η τυχών μεταβολή του τύπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών, κάτι που αποτελεί το ερέθισμα για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας.

### **Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη του δείκτη συντονισμού κατά το ελεύθερο στυλ κολύμβησης, όταν χρησιμοποιείται αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.



### ***Λειτουργικοί ορισμοί***

*Χρονική καθυστέρηση (lag time):* Η χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην έναρξη της προωθητικής φάσης του ενός χεριού και στην λήξη της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού.

*Μήκος χεριάς (stroke length):* Η απόσταση που διανύει ο κολυμβητής κατά την διάρκεια κάθε κύκλου χεριάς.

*Συχνότητα χεριάς (stroke rate):* Ο αριθμός των χεριών που κάνει ο κολυμβητής ανά λεπτό.

*Κολυμβητική ταχύτητα:* Η απόσταση που διανύει ο κολυμβητής στη μονάδα του χρόνου.

*Δείκτης συντονισμού (IdC):* Ο μέσος όρος της χρονικής καθυστέρησης στην εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, εκφραζόμενος ως ποσοστό του μέσου όρου της διάρκειας της χεριάς.

### ***Ερευνητικές και μηδενικές υποθέσεις***

#### *Ερευνητικές υποθέσεις:*

1. Κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους, λόγω της μικρότερης ταχύτητας των κολυμβητών συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση, αναμένεται μείωση του δείκτη συντονισμού και μετάβαση από το μοντέλο της αντίθεσης ή υπέρθεσης, στο μοντέλο του πιασίματος.

2. Κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους, συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση, αναμένεται μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας.

3. Κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους, συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση, αναμένεται μείωση του μήκους χεριάς.

4. Κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους, συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση, αναμένεται μείωση της συχνότητας της χεριάς.

5. Κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους, συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση, αναμένεται αύξηση της διάρκειας των φάσεων της χεριάς.



### ***Μηδενικές υποθέσεις:***

1. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στον δείκτη συντονισμού των κολυμβητριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση και κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.
2. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην κολυμβητική ταχύτητα των κολυμβητριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση και κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.
3. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μήκος χεριάς των κολυμβητριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση και κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.
4. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στη συχνότητα χεριάς των κολυμβητριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση και κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.
5. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στη διάρκεια των φάσεων της χεριάς των κολυμβητριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση και κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.



## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### *Διαχωρισμός φάσεων της χεριάς στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης*

Το ελεύθερο είναι ένα στυλ στο οποίο υπάρχει εναλλακτική κίνηση των άνω και κάτω άκρων και αποτελεί το γρηγορότερο από όλα τα αγωνιστικά στυλ κολύμβησης. Σύμφωνα με τους Chollet et al. (2000), η συνολική κίνηση των χεριών στο ελεύθερο διακρίνεται σε τέσσερις φάσεις:

- *Είσοδος του χεριού και «πιάσιμο» του νερού (γλίστρημα):* Η φάση αυτή ξεκινάει με την είσοδο του χεριού στο νερό και τελειώνει με την έναρξη της κίνησης του προς τα πίσω σε σχέση με το σώμα του κολυμβητή.
- *Έλξη:* Η συγκεκριμένη φάση ξεκινά από την έναρξη της προς τα πίσω κίνησης του χεριού έως τη στιγμή που το χέρι έρθει σε κάθετη θέση σε σχέση με το σημείο του ώμου. Αυτή η φάση αποτελεί την πρώτη προωθητική φάση της χεριάς.
- *Ωθηση:* Η φάση της ώθησης ξεκινάει με το τέλος της φάσης έλξης έως την έξοδο του χεριού από το νερό και αποτελεί την δεύτερη προωθητική φάση της χεριάς.
- *Επαναφορά:* Κατά τη φάση της επαναφοράς το χέρι κινείται έξω από το νερό έως την στιγμή της εισόδου του και πάλι μέσα στο νερό.

Η φάση της έλξης και η φάση της ώθησης, όπως αναφέρθηκε, αποτελούν τις προωθητικές φάσεις της χεριάς. Κυρίως σε αυτές τις φάσεις δηλαδή, αναπτύσσονται προωθητικές δυνάμεις από τα χέρια. Αντίθετα οι φάσεις του γλιστρήματος και της επαναφοράς είναι μη προωθητικές.

### *Συχνότητα χεριάς – μήκος χεριάς*

Η συχνότητα χεριάς εκφράζει τον αριθμό των κύκλων χεριάς στη μονάδα του χρόνου (κύκλοι/min ή κύκλοι/sec). Ένας κύκλος χεριάς στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης περιλαμβάνει δύο χεριές, μια με το αριστερό χέρι και μια με το δεξί

χέρι. Ως μήκος χεριάς, ορίζεται η απόσταση που διανύει το σώμα του κολυμβητή ανά κύκλο χεριάς (Maglisch, 1993).

Μεταξύ του μήκους και της συχνότητας χεριάς έχει διαπιστωθεί μια αρνητική σχέση, καθώς υψηλές τιμές συχνότητας χεριάς σχετίζονται με χαμηλές τιμές μήκους χεριάς, και αντίστροφα (Kennedy, Brown, Chengalur & Nelson, 1990; Arellano et al., 1994).

Σε έρευνα των Chollet et al. (2000), παρατηρήθηκε ότι οι ελίτ κολυμβητές τείνουν να περιορίζουν τη μείωση της ταχύτητας, διατηρώντας ένα σταθερό μήκος χεριάς στη διάρκεια του αγώνα. Επίσης, βάσει αποτελεσμάτων της έρευνας των Millet, Chollet, Challies & Chatard (2002), υποστηρίχθηκε πως το μήκος χεριάς σχετίζεται περισσότερο με την κολυμβητική επίδοση από ότι η συχνότητα χεριάς (Graig & Pendergast, 1979; Kennedy, Brown, Chengalur & Nelson, 1990; Toussaint & Beek, 1992).

Η μείωση του μήκους χεριάς πιθανόν να οφείλεται στην ανάπτυξη μυικής κόπωσης τοπικά (Alberty, Sidney, Huot- Marchand, Hespel & Pelayo, 2005).

### ***Μήκος και συχνότητα χεριάς σε σχέση με την κολυμβητική ταχύτητα***

Σε αποστάσεις όπως αυτές των 200 και 100 m, έχει αποδειχθεί πως η συχνότητα χεριάς αυξάνεται (Arellano et al., 1994; Chollet, Pelayo, Tourny & Sidney, 1996; Graig, Skehan, Pawelczyk & Boomer, 1985; Pai, Hay & Wilson, 1984; Pelayo et al., 1996), και το μήκος χεριάς παραμένει σταθερό (Chollet et al., 1996) ή μειώνεται (Arellano et al., 1994; Craig et al., 1985; Pai et al., 1984; Pelayo et al., 1996).

Σε έρευνα τους οι Chollet et al. (2000), εξετάζοντας τα αγώνισμα των 100 και 200 m, έδειξαν πως η υψηλή ταχύτητα που αναπτύσσονταν κατά την διάρκεια των 100 m οφείλονταν σε σταθερό μήκος χεριάς και σε υψηλή συχνότητα χεριάς, γεγονός που δεν ίσχυε και για το αγώνισμα των 200 m.

Αντίθετα, η υψηλή ταχύτητα των κολυμβητών των 100 m στους Ολυμπιακούς Αγώνες του 1984 συγκρινόμενη με αυτή των Ολυμπιακών Αγώνων του 1976, ήταν αποτέλεσμα της αύξησης του μήκους χεριάς και της μείωσης της συχνότητας χεριάς (Craig et al., 1985).

Ωστόσο, η διαφοροποίηση στη σχέση συχνότητας – μήκους χεριάς με την ταχύτητα που βρέθηκε στην έρευνα των Chollet et al. (2000), σε αντίθεση με

παλαιότερη έρευνα των Craig et al. (1985), πιθανόν να οφείλεται στην εξέλιξη της τεχνικής των κολυμβητών.

Η σχέση αυτή, μεταξύ συχνότητας (SR) και μήκους χεριάς (SL), επηρεάζεται και διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση του κάθε αγωνίσματος, αν δηλαδή πρόκειται για μικρές, μεσαίες ή μεγάλες αποστάσεις (Pelayo, Chollet, Sidney & Tourny, 1993).

Αρχικά, το μήκος χεριάς μειώνεται σε μικρό ποσοστό σε σχέση με την αύξηση της συχνότητας χεριάς. Η κολυμβητική ταχύτητα συνεχίζει και αυξάνεται μέχρι τη στιγμή που η συχνότητα χεριάς θα φτάσει σε ένα οριακό σημείο, μετά από το οποίο η μείωση του μήκους χεριάς είναι τόσο έντονη με κάθε επιπλέον αύξηση της συχνότητας χεριάς, ώστε ταυτόχρονα σημειώνεται μείωση της ταχύτητας.

Είναι γεγονός ότι υψηλές (γρήγορες) συχνότητες χεριάς απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας, πολλά εκ των οποίων προέρχονται από το αναερόβιο μεταβολισμό. Επομένως, οι κολυμβητές μπορούν να διατηρούν συχνότητες χεριάς της τάξεως των 60 κύκλων ανά λεπτό, μόνο για το αγώνισμα των 50 m. Οι συχνότητες χεριάς τις οποίες οι κολυμβητές μπορούν να διατηρήσουν, γίνονται προοδευτικά πιο αργές, όταν αυξάνεται η απόσταση των αγωνισμάτων (Maglisco, 1993).

Σύμφωνα με έρευνα των Potdevin, Bril, Sidney & Pelayo (2006), σε ελίτ και μη ελίτ κολυμβητές, αποδείχθηκε πως για τις δύο ομάδες η αύξηση της ταχύτητας οδήγησε σε σημαντική μείωση του μήκους χεριάς και αύξηση της συχνότητας χεριάς.

Οι Millet et al. (2002), έδειξαν πως το μήκος χεριάς (SL) σχετίζεται περισσότερο με τη κολυμβητική απόδοση από ότι η συχνότητα της χεριάς (SR).

Οι Pelayo et al. (1996), έδειξαν ότι η σχέση μήκους και συχνότητας χεριάς εξαρτάται από το φύλο του κολυμβητή. Η συχνότητα χεριάς δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο φύλλων. Αντίθετα, το μήκος χεριάς, φαίνεται να ήταν ο κύριος παράγοντας που οδήγησε τους κολυμβητές σε υψηλότερες ταχύτητες, που πιθανόν να οφείλονταν στο μικρότερο μέγεθος των γυναικών και σε διαφορές στο ύψος.

Μια άλλη παράμετρος που φαίνεται να επηρεάζει τη σχέση του μήκους και της συχνότητας χεριάς με την κολυμβητική ταχύτητα, είναι τα *ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά* των κολυμβητών που πιθανόν να δικαιολογούν τις κινηματικές διαφορές (Grimston & Hay, 1986; Pelayo et al., 1996). Ωστόσο, σύμφωνα με τους Blanksby, Bloomfield, Ponchard & Ackland (1986), τα ανθρωπομετρικά

χαρακτηριστικά φαίνεται πως έχουν κυρίως επίδραση στις μικρές ηλικίες των κολυμβητών και κολυμβητριών.

Επίσης, σε σχετική έρευνα των Carpaert, Pease & Troup (1995), δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στις δυνάμεις που αναπτύσσονταν κατά την έλξη, ακόμη και όταν η κολυμβητική ταχύτητα άλλαζε εντελώς. Το παραπάνω γεγονός, βρίσκεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα αντίστοιχης έρευνας των Keskinen, Tilli & Komi (1989), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι οι υψηλότερες κολυμβητικές ταχύτητες απαιτούν και μεγαλύτερες δυνάμεις κατά την υποβρύχια έλξη. Συγκεκριμένα, διαπίστωσαν ότι η μέγιστη δύναμη που παράγονταν στη διάρκεια δεμένης κολύμβησης, σχετιζόνταν με τη μέγιστη ταχύτητα και το μήκος χεριάς. Αντίθετα δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση με τη συχνότητα χεριάς.

Τέλος, στην έρευνα των Carpaert et al. (1995), βρέθηκε πως οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές 100 m ελεύθερου, είχαν καλύτερες ταχύτητες από τους λιγότερο ικανούς κολυμβητές, εξαιτίας του μεγαλύτερου μήκους χεριάς και όχι λόγω υψηλότερης συχνότητας χεριάς. Στην πρώτη κατηγορία (ελίτ κολυμβητές), ήταν πολύ ψηλότεροι, γεγονός που πιθανόν να αιτιολογεί το μεγαλύτερο μήκος χεριάς.

### ***Συγχρονισμός χεριών (IdC)***

Ο συντονισμός της κίνησης, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο οργανώνονται και ελέγχονται οι αμφίπλευρες κινήσεις των μελών του σώματος, είναι δυνατόν να επηρεάζει και να καθορίζει ως ένα βαθμό παραμέτρους, όπως η στιγμιαία θέση του σώματος, η σχέση μήκους και συχνότητας χεριάς, η ενεργητική αντίσταση, η δύναμη άνωσης, η αναπτυσσόμενη συνολική προωθητική δύναμη κλπ.

Σχετικά με το ελεύθερο στυλ κολύμβησης, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της παραγωγής προωθητικών δυνάμεων. Το μοντέλο συντονισμού που υιοθετείται σε σχέση με το είδος του αγωνίσματος και την ταχύτητα, αποτελεί σημαντικό δείκτη για το επίπεδο εξάσκησης του κάθε κολυμβητή. Πρόσφατες έρευνες απέδειξαν την σημαντική επίδραση του συντονισμού των άνω άκρων, στην κολυμβητική επίδοση στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης (Chollet et al., 2000; Lerda, Cardelli & Chollet, 2001; Millet et al., 2002).

Επομένως, ο τύπος συντονισμού μεταξύ των χεριών πιθανόν να σχετίζεται με την απόδοση.

Ο συντονισμός των άνω άκρων είναι μετρήσιμος βάσει της μεθοδολογίας των Chollet et al. (2000), οι οποίοι ανέπτυξαν έναν δείκτη συντονισμού (IdC). Μέσω αυτού του δείκτη μπορούν να περιγραφούν τρία διαφορετικά μοντέλα συγχρονισμού των δύο χεριών που παρατηρούνται στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης:

- το μοντέλο της αντίθεσης, όπου τη στιγμή που τελειώνει η προωθητική φάση του ενός χεριού αρχίζει η προωθητική φάση του άλλου χεριού, και έτσι παρατηρείται διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια
- το μοντέλο του πιασίματος, όπου παρατηρείται μια χρονική καθυστέρηση μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών, και
- το μοντέλο της υπέρθεσης, όπου παρατηρείται μια επικάλυψη των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών.

Σύμφωνα με τον Costill και τους συνεργάτες του (1992), κατά τον ιδανικό συγχρονισμό μεταξύ των δύο χεριών θα πρέπει να λαμβάνει χώρα μια διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Αυτός ο τύπος συγχρονισμού των δύο χεριών χαρακτηρίζεται ως «μοντέλο της αντίθεσης». Αυτό το μοντέλο συγχρονισμού χαρακτηρίζεται από απουσία φάσεων χρονικής καθυστέρησης κατά τη διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από το αριστερό και το δεξί χέρι.

Αντίθετα, ο Chatard και οι συνεργάτες του (1990), θεωρούν οικονομικότερο από άποψη ενεργειακού κόστους το «μοντέλο της υπέρθεσης», που οδηγεί σε μείωση της ενεργητικής αντίστασης και σε αύξηση της διάρκειας των προωθητικών φάσεων (Keskinen & Komi, 1993). Επίσης, οι περίοδοι ταυτόχρονης εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, αντισταθμίζουν τις μη προωθητικές φάσεις (Chatard et al., 1990).

Η διάρκεια των προωθητικών φάσεων, δηλαδή της έλξης και της ώθησης, σχετίζεται άμεσα με την κολυμβητική ταχύτητα. Επίσης, εξαρτάται και μεταβάλλεται ανάλογα με τη διάρκεια του αγωνίσματος (σπριντ, μικρές αποστάσεις, μεσαίες αποστάσεις, μεγάλες αποστάσεις), καθώς και από τον αριθμό των κτυπημάτων των ποδιών (δύο /τέσσερις /έξι ποδιές ανά κύκλο χεριάς).

Ο δείκτης συντονισμού (IdC), αποτελεί ένα εργαλείο για τον υπολογισμό του συγχρονισμού των άνω άκρων, με ακριβή μέτρηση της χρονικής διαφοράς μεταξύ

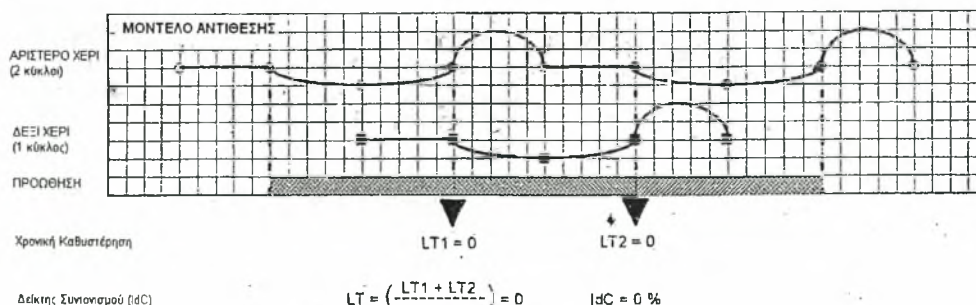


της έναρξης της προωθητικής φάσης (έλξη) του ενός χεριού και του τέλους της προωθητικής φάσης (ώθηση) του άλλου χεριού. Αναλυτικότερα, καταγράφεται η χρονική καθυστέρηση, ανάμεσα στην έναρξη έλξης της πρώτης αριστερής χεριάς και του τέλους της ώθησης της πρώτης δεξιάς χεριάς, καθώς επίσης και η χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην έναρξη έλξης της δεύτερης δεξιάς χεριάς και του τέλους της ώθησης της πρώτης αριστερής χεριάς. Ο μέσος όρος των δύο χρονικών αυτών διαστημάτων, σχετικοποιημένος ως προς τη διάρκεια ενός κύκλου χεριάς αποτελεί τον δείκτη συντονισμού (IdC).

Η διαφοροποίηση του δείκτη (IdC), έχει μελετηθεί σε σχέση με την ταχύτητα (50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m), το κολυμβητικό επίπεδο των αθλητών και τον αριθμό κτυπημάτων των ποδιών ανά κύκλο χεριάς (Chollet et al., 2000).

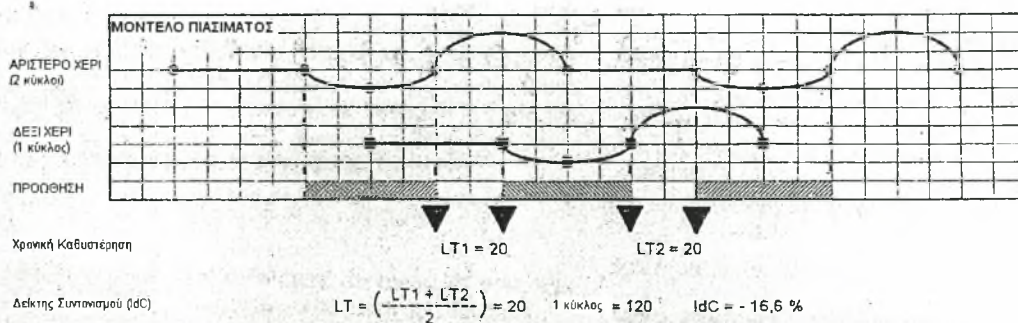
Όπως προαναφέρθηκε, υπολογίζοντας τη χρονική διάρκεια ανάμεσα στην έναρξη της δεύτερης φάσης του ενός χεριού (έλξη), και το τέλος της τρίτης φάσης (ώθηση) του άλλου, στον ίδιο κύκλο χεριάς, προκύπτουν τρία διαφορετικά μοντέλα συντονισμού: α. το μοντέλο της αντίθεσης, β. το μοντέλο του πιασίματος, και γ. το μοντέλο της υπέρθεσης. Κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια εκτενέστερη αναφορά στα τρία αυτά μοντέλα.

- Μοντέλο αντίθεσης: Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό το ένα χέρι ξεκινά την έλξη (πρώτη προωθητική φάση), όταν το άλλο τελειώνει την ώθηση (δεύτερη προωθητική φάση). Εδώ, οι δύο προωθητικές φάσεις σε κάθε κύκλο χεριάς εναλλάσσονται απόλυτα, έτσι ώστε δεν υπάρχει χρονική καθυστέρηση στην εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Σε αυτή την περίπτωση ο δείκτης συντονισμού είναι μηδέν (0). (Σχήμα 1).



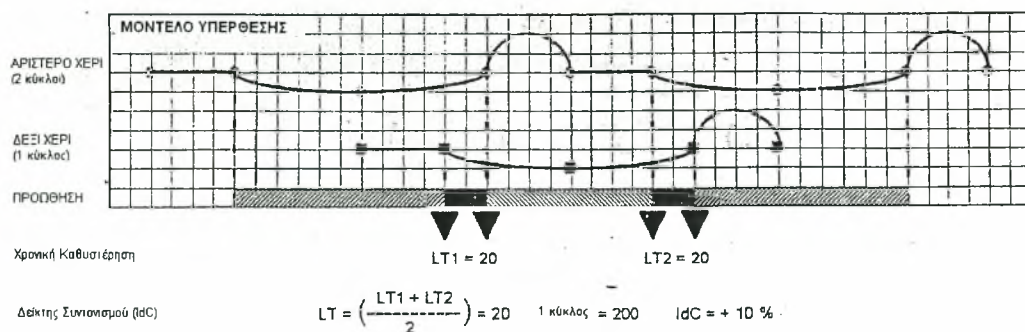
**Σχήμα 1.** Μοντέλο της *Αντίθεσης*- το ένα χέρι ξεκινά την φάση έλξης όταν το άλλο έχει τελειώσει την φάση ώθησης (Chollet et al., 2000).

- Μοντέλο πιασίματος: Βάσει του μοντέλου αυτού, όταν το ένα χέρι τελειώνει τη φάση ώθησης, το άλλο χέρι δεν έχει ακόμη ξεκινήσει τη φάση έλξης, αλλά βρίσκεται στη φάση του γλιστρήματος. Μεταξύ του τέλους της φάσης ώθησης του ενός χεριού και την έναρξη της φάσης έλξης του άλλου χεριού, βρίσκεται σε εξέλιξη η φάση του γλιστρήματος (μη προωθητική φάση) του δεύτερου χεριού. Στο χρονικό διάστημα μεταξύ του τέλους της φάσης ώθησης του ενός χεριού και της έναρξης της φάσης έλξης του άλλου χεριού, σημειώνεται μια χρονική καθυστέρηση όπου δεν ασκούνται προωθητικές δυνάμεις από κανένα χέρι. Κατά συνέπεια ο δείκτης συντονισμού σ' αυτήν την περίπτωση λαμβάνει αρνητικές τιμές. (Σχήμα 2).



**Σχήμα 2.** Εμφάνιση χρονικής διαφοράς μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chollet et al., 2000).

- Μοντέλο υπέρθεσης: Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, πριν το ένα χέρι τελειώσει τη φάση ώθησης, το άλλο χέρι αρχίζει της φάση έλξης. Εδώ παρατηρείται μια επικάλυψη μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών, υπάρχει δηλαδή κάποιο χρονικό διάστημα ταυτόχρονης εφαρμογής δύναμης και από τα δύο χέρια. Σ' αυτήν την περίπτωση ο δείκτης συντονισμού λαμβάνει θετικές τιμές. (Σχήμα 3).



**Σχήμα 3.** Εμφάνιση επικάλυψης μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chollet et al., 2000).

Σύμφωνα, λοιπόν με τους Chollet et al. (2000), ο δείκτης συντονισμού μπορεί να έχει θετικές, αρνητικές ή μηδενικές τιμές. Συγκεκριμένα, όταν η έλξη του ενός χεριού αρχίζει ταυτόχρονα με το τέλος της ώθησης του άλλου χεριού, τότε ο δείκτης είναι μηδέν ( $IdC = 0$ ). Όταν η έλξη του ενός χεριού αρχίζει πριν τελειώσει η ώθηση του άλλου, τότε ο δείκτης είναι θετικός ( $IdC = +$ ). Τέλος, όταν η ώθηση του ενός χεριού έχει τελειώσει και η έλξη του άλλου δεν έχει αρχίσει, τότε ο δείκτης είναι αρνητικός ( $IdC = -$ ).

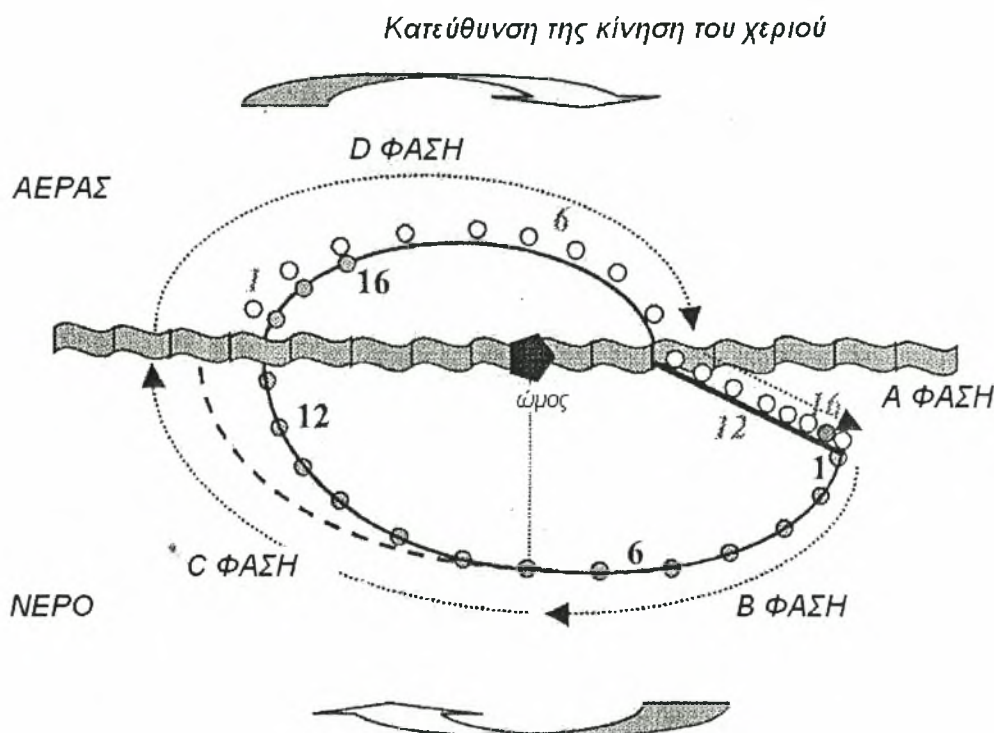
Βάσει των παραπάνω δεδομένων, πιο αποτελεσματική φαίνεται να είναι η περίπτωση όπου ο δείκτης συντονισμού λαμβάνει θετικές τιμές (μοντέλο υπέρθεσης) (καλύτερη εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων). Η μεγαλύτερη διάρκεια της φάσης ώθησης -μοντέλο υπέρθεσης- σχετίζεται με οικονομία στην κολύμβηση. Το μοντέλο της υπέρθεσης, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί την επικάλυψη μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών, οδηγεί σε ένα «in-phase» (ταυτόχρονο) συντονισμό μεταξύ των χεριών (τεχνική πεταλούδας) (Handford, Davids, Bennet & Button, 1997).

Το μοντέλο της υπέρθεσης φαίνεται να σχετίζεται με αποτελεσματικότερη εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων, έτσι ώστε να υπερνικούνται οι δυνάμεις αντίστασης (Chatard et al., 1990). Στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης, σχετίζεται περισσότερο με τις υψηλές τιμές της συχνότητας χεριάς. Η υιοθέτηση αυτού του μοντέλου φαίνεται να συνδέεται με την ικανότητα επιτάχυνσης του χεριού και της διατήρησης μιας μεγάλης τροχιάς, σε υψηλές τιμές συχνότητας χεριάς.

Αντίθετα, όταν ο δείκτης είναι αρνητικός (μοντέλο πιασίματος) εμφανίζεται χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στις προωθητικές φάσεις των δύο χεριών, που έχει



ως συνέπεια την επιβράδυνση του κολυμβητή και κατ' επέκταση την μείωση της κολυμβητικής απόδοσης.



**Σχήμα 4.** Το μοντέλο του πιασίματος σε υψηλές τιμές ταχύτητας της χεριάς (SR). Η μεγαλύτερη διάρκεια της φάσης A (γλίστρημα), και η μικρότερη διάρκεια της φάσης C (ώθηση), ευνοούν την απελευθέρωση του ενός χεριού, πριν την έναρξη της προς τα πίσω κίνησης του άλλου. Οι προωθητικές φάσεις δεν επικαλύπτονται. Τα σχήματα ○ ● αναπαριστούν την θέση του δεξιού & του αριστερού χεριού που καταγράφει ένας μέτριος κολυμβητής σε 55 κύκλους / λεπτό, οι αριθμοί 1–16 αναπαριστούν τις 16 πορείες των δύο χεριών. Το σημείο 1 ανταποκρίνεται στην αρχή της φάσης B (έλξη), του ενός χεριού (μαύρο σημείο). Η καμπυλώδης γραμμή αναπαριστά (σχηματικά), την υποβρύχια κίνηση του χεριού σε σχέση με το σταθερό ώμο κατά τη διάρκεια μιας χεριάς (Potdevin et al., 2006).

Όσον αφορά το μοντέλο της αντίθεσης ανταποκρίνεται σε ένα anti- phase (μη ταυτόχρονο) μοντέλο μεταξύ των χεριών, η δημιουργία μιας απόλυτα αμφίπλευρης κίνησης μεταξύ των χεριών οδηγεί σε εναλλαγή των προωθητικών δυνάμεων σε

σημείο όπου δεν παρατηρείται μείωση ή αύξηση του δείκτη συντονισμού (ουδέτερη-μηδενική τιμή του IdC).

Στις μεγάλες και τις μεσαίες αποστάσεις οι κολυμβητές αυξάνουν τις φάσεις εισόδου και πιασίματος. Αντίθετα, κολυμβητές μικρών αποστάσεων (σπριντ), αξιοποιούν τις προωθητικές φάσεις αυξάνοντας τις φάσεις έλξης και ώθησης. Έτσι, προκύπτουν τα μοντέλα της *αντίθεσης* και της *υπέρθεσης* (Toussaint & Beek, 1992; Keskinen & Komi, 1993; Chollet et al., 2000).

### ***Πόδια και τεχνική***

Όσον αφορά το κτύπημα των ποδιών αποτελείται από διαδοχικά διαγώνια βυθίσματα αυτών. Δύο βασικές κινήσεις έχουν ξεχωρίσει: η προς τα κάτω κίνηση (downbeat), και η προς τα πάνω κίνηση (upbeat). Η πρώτη κίνηση (downbeat) ξεκινά με το τέλος της δεύτερης κίνησης (upbeat).

Σχετικά με το βάθος της κίνησης των ποδιών, αυτό δε θα πρέπει να είναι ούτε πολύ βαθύ αλλά ούτε πολύ ρηχό. Η σταθερότητα του σώματος και η προωθητική δύναμη θα μειωθούν στην πρώτη περίπτωση, και θα υπάρξει αύξηση της αντίστασης στην δεύτερη περίπτωση. Όσον αφορά το συντονισμό των χεριών και ποδιών χρησιμοποιούνται οι εξής συνδυασμοί: δύο ή τέσσερις ή έξι ποδιές ανά κύκλο χεριάς. Οι δύο πρώτοι συνδυασμοί χρησιμοποιούνται στις μεγάλες αποστάσεις (400 – 1500 m). Αντίθετα, το κτύπημα των έξι ποδιών ανά κύκλο χεριάς εφαρμόζεται σε αγωνίσματα μικρών αποστάσεων (Costill et al., 1992; Persyn, Daly, Vervaecke, Van Tilborgh & Verhetsel, 1983).

Τέλος, η σταθερότητα στο κτύπημα των ποδιών (6 ποδιές ανά κύκλο χεριάς) πιθανόν να συνεισφέρει στην παραμονή ενός σταθερού συντονισμού των χεριών, και στην αύξηση της κολυμβητικής απόδοσης (Costill et al., 1992; Persyn et al., 1983).

### **Τεχνική και δείκτης συντονισμού (IdC)**

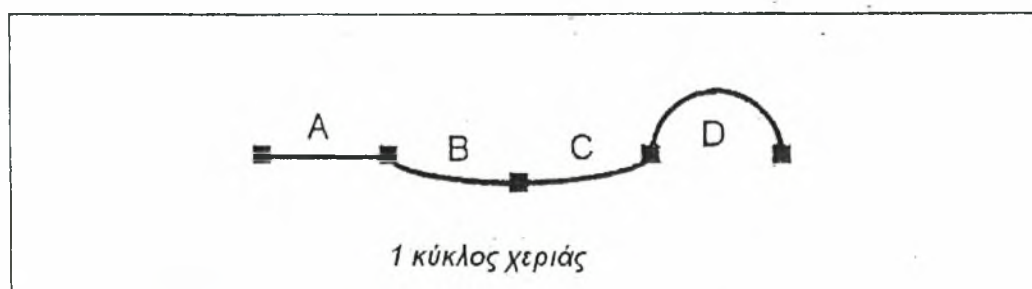
Η υδροδυναμική αντίσταση σχετίζεται με την τεχνική του κολυμβητή (Kolmogorov & Duplischeva, 1992). Προσαρμόζοντας κατάλληλα την τεχνική τους και τον συντονισμό, οι κολυμβητές καταφέρνουν και μειώνουν την ενεργητική αντίσταση (Kolmogorov, 1997).

Από αποτελέσματα της έρευνας των Seifert, Chollet & Allard (2005), διαπιστώθηκε πως η τεχνική των ελίτ κολυμβητών ανταποκρίνονταν στο μοντέλο της υπέρθεσης. Πολλές έρευνες έχουν αποδείξει πως οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές έχουν πιο σταθερό χωρο-χρονικά κτύπη από ότι οι υπόλοιποι κολυμβητές.

Συγκεκριμένα, οι κορυφαίοι κολυμβητές σπρώχνουν το νερό με λυγισμένο το χέρι και με λιγότερη μυϊκή δραστηριότητα από ότι οι λιγότερο καλοί κολυμβητές οι οποίοι, διατηρούν τεντωμένο το χέρι τους επιφέροντας πρόωρη κόπωση στους συγκεκριμένους προωθητικούς μύες (Rouard & Billat, 1990).

### **Προωθητικές φάσεις και δείκτης συντονισμού (IdC)**

Όπως προαναφέρθηκε, η συνολική κίνηση των χεριών στο ελεύθερο στυλ χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις: είσοδος του χεριού και «πιάσιμο» του νερού (γλίστρημα), έλξη, ώθηση, και επαναφορά (Chollet et al., 2000). (Σχήμα 5).



**Σχήμα 5:** Προωθητικές και μη – προωθητικές φάσεις σε ένα κύκλο χεριάς.

A: Μη - προωθητική φάση → Είσοδος και Πιάσιμο (γλίστρημα)

B: Προωθητική φάση → Έλξη

C: Προωθητική φάση → Ωθηση

D: Μη - προωθητική φάση → Επαναφορά (συμβαίνει έξω από το νερό)

Η αύξηση των φάσεων έλξης και ώθησης (προωθητικές φάσεις) βοηθάει τους κολυμβητές στην επιτυχή ανάπτυξη προωθητικών δυνάμεων. Οι Maglisch, Maglisch, Higgins, Hinrichs, Luedtke, Schleihauf & Thayer (1988), και οι Rouard, Schleihauf & Troup (1996), έδειξαν ότι οι δύο μέγιστες τιμές δυνάμεων παράγονται στην διάρκεια των φάσεων της έλξης και της ώθησης.

Επίσης, η μείωση των μη προωθητικών φάσεων (γλίστρημα και επαναφορά), οδηγούν σε αντίστοιχη μείωση της ενεργητικής αντίστασης. Οι Toussaint & Beek, (1992) υποστηρίζουν πως οι ελίτ κολυμβητές εφαρμόζουν γρήγορες κινήσεις χεριών, δημιουργώντας έτσι, περισσότερες προωθητικές δυνάμεις.

Η έλξη του χεριού προς τα μέσα («insweep»), που αποτελεί μέρος της φάσης έλξης και η φάση ώθησης, σχετίζονται με την κολυμβητική ικανότητα (Monteil, Rouard, Dufour, Cappaert & Troup, 1996). Το γεγονός αυτό, πιθανόν να αιτιολογεί την διατήρηση της τεχνικής των ελίτ κολυμβητών ακόμα και σε μέγιστες ταχύτητες (προσπάθεια αντιμετώπισης των δυνάμεων αντίστασης) (Kolmogorov, Rumyantseva, Gordon & Cappaert, 1997).

Βάσει αποτελεσμάτων έρευνας των Potdevin et al. (2006), μόνο το 45,5% των μη - ελίτ κολυμβητών και το 64,2% των ελίτ κολυμβητών πέρασαν από το ένα είδος συντονισμού στο άλλο με αύξηση στην συχνότητα χεριάς. Σύγκριση μεταξύ κολυμβητών που χρησιμοποιούσαν το μοντέλο της υπέρθεσης και αυτών που χρησιμοποιούσαν το μοντέλο του πιασίματος σε ίδιες τιμές συχνότητας (50 και 55 κύκλους/λεπτό), έδειξε σημαντικές διαφορές στις φάσεις A (γλίστρημα) και Γ (ώθηση) και συνεπώς στις προωθητικές αλλά και μη - προωθητικές φάσεις.

Αξιόλογο είναι το γεγονός πως, η μεγάλη διάρκεια της φάσης εισόδου από τους κολυμβητές που εφαρμόζαν το μοντέλο του πιασίματος, οφείλονταν στην καθυστέρηση της προς τα πίσω κίνησης του χεριού. Πιθανολογείται, πως η αυξημένη αυτή διάρκεια (φάσης A) σχετίζεται με την αδυναμία επιτάχυνσης της προς τα πίσω κίνησης του χεριού.

Η αυξημένη διάρκεια της φάσης ώθησης σε συνδυασμό με αυξημένη ταχύτητα από υψηλού επιπέδου κολυμβητές που χρησιμοποιούσαν το μοντέλο της υπέρθεσης

αποδεικνύεται, από αποτελέσματα και άλλων ερευνών (Keskinen & Komi, 1993; Schleihauf, Higging, Hinricks, Luedtke, Maglisch, Maglisch & Thayer, 1986).

Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με αυτά της έρευνας των Chollet et al. (2000), οι οποίοι έδειξαν ότι σε ελίτ κολυμβητές ο δείκτης συντονισμού κινείται από  $-7,6 \pm 6,4\%$  για ταχύτητες που επικρατούν στα 800 m, και από  $-3,2 \pm 5,1\%$  για τα 100 m. Η αλλαγή αυτή, σχετίζεται με συντομότερες μη – προωθητικές φάσεις, και μεγαλύτερες προωθητικές.

### ***Ταχύτητα και δείκτης συντονισμού (IdC)***

Η ταχύτητα της κίνησης του χεριού είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των προωθητικών δυνάμεων. Όσο πιο υψηλή είναι η ταχύτητα του χεριού, τόσο μεγαλύτερες είναι οι προωθητικές δυνάμεις. Σχετικά με τη μείωση της μέσης συχνότητας, η μείωση της ταχύτητας του χεριού πιθανόν, να οφείλεται στο γεγονός πως οι κολυμβητές δεν έχουν την δυνατότητα να παράγουν αρκετές προωθητικές δυνάμεις σε κατάσταση κόπωσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η κόπωση, τόσο περισσότερο διαρκεί η συνολική υποβρύχια έλξη. Εξαιτίας αυτών των μεταβολών, προκύπτει αλλαγή στον συντονισμό (IdC) των άνω άκρων.

Αρκετές έρευνες απέδειξαν την εφαρμογή των ειδών συντονισμού καθώς και τη μετάβαση από το ένα μοντέλο στο άλλο. Οι Chollet et al. (2000), χαρακτήρισαν ποιοτικά και ποσοτικά την αλλαγή από το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της αντίθεσης, παράλληλα με αλλαγές στην ταχύτητα, στο επίπεδο (του κάθε κολυμβητή), στη συχνότητα και το μήκος χεριάς. Οι Lerda et al. (2001), χρησιμοποιώντας αυτό το είδος συντονισμού έδειξαν ότι οι μεσαίου επιπέδου κολυμβητές μεταπήδησαν από το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της αντίθεσης και της υπέρθεσης, παράλληλα με την αύξηση της ταχύτητας.

Αντίθετα, βάσει άλλων ερευνών, αποδείχθηκε ότι σε μη ελίτ κολυμβητές ο συγχρονισμός σχετίζεται με το μοντέλο του πιασίματος (Chatard et al., 1990; Kolmogorov et al., 1992; Maglisch, 1993).

Έχει αποδειχθεί πως, σε υψηλές ταχύτητες τα χαρακτηριστικά της χεριάς διαφέρουν για τους ελίτ και τους μη ελίτ κολυμβητές. Συγκεκριμένα, οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές, μπορούν να διατηρήσουν ένα ρυθμό των 50 κύκλων ανά λεπτό, για το λιγότερο 50 δευτερόλεπτα (Pelayo et al., 1996), όταν οι μεσαίου



επιπέδου κολυμβητές παραμένουν στους 37,5 κύκλους ανά λεπτό (Pelayo et al., 1997).

Ένα υψηλό επίπεδο κολύμβησης πιθανόν να χαρακτηρίζεται από την ικανότητα εφαρμογής του μοντέλου της υπέρθεσης σε συνδυασμό με υψηλές τιμές της συχνότητας χεριάς (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

Ανάμεσα από έξι συνολικά διαφορετικές ταχύτητες, μεταξύ 80% - 100% της μέγιστης ταχύτητας, διαπιστώθηκε αύξηση του δείκτη συντονισμού σε σημείο όπου έφτανε στο μοντέλο της υπέρθεσης, για ελίτ κολυμβητές και τριαθλητές (Millet et al., 2002).

Συγκεκριμένα, αποδείχθηκε πως και τα δύο γκρουπ (τριαθλητές και κολυμβητές) εφάρμοζαν το μοντέλο του πιασίματος. Ωστόσο, για ταχύτητες της τάξεως του 95% - 97% της μέγιστης ταχύτητας υπήρξε μετάβαση στο μοντέλο της υπέρθεσης. Σε μέγιστη ταχύτητα οι τριαθλητές άρχισαν να μειώνουν τον δείκτη συντονισμού, ενώ οι κολυμβητές συνέχιζαν την ανοδική πορεία. Το γεγονός αυτό οφείλονταν στη μείωση της φάσης εισόδου και την αύξηση των προωθητικών φάσεων (Millet et al., 2002).

Σε έρευνα των Lerda & Cardelli (2003), διαπιστώθηκε πως ο συντονισμός των άνω άκρων αυξάνεται με την αύξηση της κολυμβητικής ταχύτητας. Η αύξηση αυτή, προκαλεί συντομότερες μη – προωθητικές φάσεις (εισόδου και πιασίματος για τους ελίτ κολυμβητές, και φάση της επαναφοράς για τους μέτριους κολυμβητές). Αντίθετα, όλοι οι κολυμβητές αύξησαν την προωθητική φάση της έλξης και από τα δύο χέρια, δηλαδή και για το χέρι απ' το οποίο γίνονταν η αναπνοή και για το χέρι απ' το οποίο δεν γίνονταν η αναπνοή. Η αρνητική τιμή του δείκτη συντονισμού που σημειώθηκε στα 800 m σημαίνει την ύπαρξη χρονικής διαφοράς μεταξύ των προωθητικών φάσεων.

Από την άλλη πλευρά, η αύξηση του δείκτη συντονισμού, σε υψηλότερες ταχύτητες σημαίνει τη μείωση των μη προωθητικών φάσεων και την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων (Lerda & Cardelli, 2003). Επίσης, οι ελίτ κολυμβητές πέρασαν στο μοντέλο της υπέρθεσης: μεταξύ της έναρξης της φάσης έλξης του χεριού όπου γίνεται η αναπνοή, και του τέλους της φάσης ώθησης του αντίθετου χεριού. Για την επίτευξη των παραπάνω προσαρμογών οι κολυμβητές αύξησαν την φάση έλξης και για τα δύο χέρια. Για τη διατήρηση της προαναφερθείσας αύξησης, οι κολυμβητές μείωσαν τις μη - προωθητικές φάσεις του χεριού που γίνονταν η αναπνοή.

Σύμφωνα με αποτελέσματα της έρευνας των Chollet et al. (2000), ο δείκτης συντονισμού, αυξάνεται με την κολυμβητική ταχύτητα. Για τα 800 m, ένα αγώνισμα μεγάλης απόστασης, ο συγχρονισμός σχετίζεται με το μοντέλο του πιασίματος. Αντίθετα, για τις μικρές αποστάσεις των 50 και 100 m ο συγχρονισμός σχετίζεται με το μοντέλο της αντίθεσης ή ακόμη και με το μοντέλο της υπέρθεσης. Στις μικρές αποστάσεις οι κολυμβητές μειώνουν τις μη προωθητικές φάσεις της εισόδου και της επαναφοράς, αυξάνοντας τις προωθητικές φάσεις της έλξης και της ώθησης. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά αντίστοιχης έρευνας των Keskinen et al., (1993).

Σε σχετική έρευνα των Seifert, Boulesteix & Chollet (2002), σε άνδρες και γυναίκες κολυμβήτριες υψηλού επιπέδου, διαπιστώθηκε πως καθώς αυξάνονταν η ταχύτητα, οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου, χρησιμοποιούσαν το μοντέλο της αντίθεσης. Αντίθετα, οι κολυμβήτριες χρησιμοποίησαν το μοντέλο του πιασίματος. Οι κολυμβητές αύξησαν τη χρονική διάρκεια εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων, αυξάνοντας τη διάρκεια των φάσεων έλξης και ώθησης (προωθητικές φάσεις), και μείωσαν τη διάρκεια των μη προωθητικών φάσεων: της εισόδου και της επαναφοράς.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως, με υψηλότερη ταχύτητα (αγωνίσματα 50-100 m), οι κολυμβητές αναπτύσσουν μεγαλύτερη ενεργητική αντίσταση από ότι οι κολυμβήτριες (Seifert, Chollet & Bardy, 2004). Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, σε μεγάλες κολυμβητικές αποστάσεις (3000 – 2000 m) εφαρμόζονταν το μοντέλο του πιασίματος με αντίστοιχη αρνητική τιμή του δείκτη συντονισμού. Αντίθετα, για τα μικρών αποστάσεων αγωνίσματα (50 – 100 m), εφαρμόζονταν το μοντέλο της αντίθεσης και σε κάποια σημεία το μοντέλο της υπέρθεσης με αντίστοιχη μηδενική και θετική τιμή του δείκτη συντονισμού (IdC). Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε πως, η αύξηση της συχνότητας της χεριάς, της σχέσης συχνότητας - μήκους χεριάς, και η μείωση του μήκους χεριάς, οδηγούσε σε αύξηση του δείκτη συντονισμού. Οι προαναφερόμενοι παράγοντες πιθανόν να λειτουργούν ως παράμετροι ελέγχου του δείκτη συντονισμού (Seifert et al., 2004). Από την άλλη πλευρά, οι Alberty et al. (2005), έδειξαν πως ο δείκτης συντονισμού μειώνονταν καθώς αυξάνονταν η ταχύτητα, αλλά και η κόπωση. Γεγονός, που έρχεται σε αντίθεση με έρευνα των Chollet et al. (2000), οι οποίοι έδειξαν θετική συσχέτιση μεταξύ του συντονισμού (IdC) και της ταχύτητας (V).

### *Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον δείκτη συντονισμού (IdC)*

Μέσα από έρευνες έχει διαπιστωθεί πως η αλλαγή του δείκτη συντονισμού οφείλεται κατά μεγάλο βαθμό, σε παράγοντες όπως: το κολυμβητικό στυλ και το φύλο.

Συγκεκριμένα, οι Seifert et al. (2004), ερευνώντας την επίδραση του φύλου στον δείκτη συντονισμού κατά το ελεύθερο στυλ κολύμβησης, διαπίστωσαν πως ο δείκτης συντονισμού αυξάνονταν για τους ελίτ κολυμβητές, αφού περνούσαν από το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της υπέρθεσης, ενώ οι κολυμβήτριες παρέμεναν στο μοντέλο του πιασίματος καθ' όλη τη διάρκεια των δοκιμών. Αυτή η αλλαγή των ανδρών πιθανόν να οφείλεται στους μεγαλύτερους βιομηχανικούς περιορισμούς που υπόκεινται έναντι των κολυμβητριών. Οι Pelayo et al. (1996), έδειξαν ότι ανεξαρτήτου κολυμβητικής αγωνιστικής απόστασης οι άνδρες είχαν μεγαλύτερο μήκος χεριάς από ότι οι γυναίκες, αλλά παρόμοια συχνότητα χεριάς. Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι σύμφωνα με αντίστοιχη έρευνα των Arellano et al. (1994), για τις αποστάσεις των 100 και 200 m. Οι διαφορετικές τιμές σχετικά με το μήκος χεριάς πιθανόν να οφείλονται σε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Καθ' όλη τη διάρκεια των επιβαλλόμενων κολυμβητικών αποστάσεων (αποστάσεις από 3000 m έως 50 m έως τη μέγιστη κολυμβητική ταχύτητα -Vmax) οι ελίτ κολυμβητές μείωσαν την διάρκεια της φάσης εισόδου και των μη προωθητικών φάσεων αυξάνοντας, τις προωθητικές φάσεις.

Σύμφωνα με έρευνα των Seifert et al. (2004), στη μέση κολυμβητική ταχύτητα ο δείκτης συντονισμού ήταν αρνητικός ( $-6,3 \pm 7\%$ ), γεγονός που συνδέεται με την εφαρμογή του μοντέλου του πιασίματος. Και για τα δύο φύλα, ο δείκτης συντονισμού αυξήθηκε καθώς αυξάνονταν η ταχύτητα, και εφαρμόστηκαν δύο μοντέλα συντονισμού: το μοντέλο του πιασίματος που χρησιμοποιήθηκε σε ταχύτητες των 3000–200 m, και το μοντέλο της αντίθεσης για ταχύτητες που αναπτύσσονταν σε αγωνίσματα των 100 m και σε μέγιστες ταχύτητες (Vmax) (Seifert et al., 2004).

Οι κορυφαίοι κολυμβητές κολυμπούσαν γρηγορότερα από τις γυναίκες και με μεγαλύτερο μήκος χεριάς. Αντίθετα, οι γυναίκες, είχαν μειωμένο μήκος χεριάς σε όλα τα αγωνίσματα (V3000 – V200), ενώ οι κολυμβητές διατήρησαν σταθερό το μήκος της χεριάς ακόμα και στα σπριντ. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να δικαιολογηθεί από τη μεγαλύτερη παραγωγή προωθητικής δύναμης των κολυμβητών. Σε συμφωνία και με άλλες έρευνες (Pay et al., 1984; Pelayo et al., 1996), η μέση



συχνότητα χεριάς ήταν όμοια και για τα δύο φύλλα αποδεικνύοντας έτσι, πως το μήκος χεριάς είναι ο κύριος παράγοντας όσον αφορά τις διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ ανδρών και γυναικών.

Οι βιομηχανικοί περιορισμοί μπορούν να αιτιολογήσουν τη μετάβαση των ανδρών από το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της αντίθεσης και της υπέρθεσης, διότι στις μικρές αποστάσεις (σπριντ, V100, V50, Vmax), έχουν να υπερνικήσουν μεγαλύτερη αντίσταση από ότι οι γυναίκες. Στην πραγματικότητα μεγαλύτεροι βιομηχανικοί περιορισμοί σημαίνουν: αύξηση της ταχύτητας και της αντίστασης, καθώς και υψηλότερο δείκτη συντονισμού για την υπερνίκηση της υδροδυναμικής αντίστασης (Seifert et al., 2004).

Όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στο μήκος χεριάς (SL) και την ταχύτητα (V), πιθανόν να οφείλονται στα ανθρωπομετρικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένου τις διαφορετικές κινητικές προσαρμογές (υπερτερούν οι άνδρες), και ασφαλώς τα διαφορετικά μοντέλα συντονισμού που εφαρμόζονται.

Εξαιτίας της καλύτερης τεχνικής τους, οι άνδρες κολυμβητές καταφέρνουν και μειώνουν την ενεργητική αντίσταση, ενώ παράλληλα αυξάνουν τις προωθητικές φάσεις. Έχουν καλύτερη κινητική οργάνωση από ότι οι γυναίκες, και δύνανται να προσαρμόζουν την τεχνική τους στους βιομηχανικούς περιορισμούς, όταν οι ταχύτητες είναι υψηλές (Seifert et al., 2004).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### *Δείγμα*

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβήτριες αγωνιστικών κατηγοριών με αγωνιστικό στυλ την ελεύθερη κολύμβηση.

### *Χαρακτηριστικά δείγματος*

Ύψος:  $1.69 \pm 0.14$  m

Μάζα:  $60 \pm 6.27$  kg

Ηλικία:  $18.2 \pm 4.6$  ετών

Επίδοση: Στα 100 m ελεύθερο:  $63.33 \pm 2.27$  sec.

### *Περιγραφή των οργάνων*

Η καταγραφή της υποβρύχιας φάσης κατά την κίνηση των χεριών πραγματοποιήθηκε μέσω 4 S-VHS μηχανών λήψης (Panasonic PV-900) με συχνότητα λήψης 60Hz. Οι μηχανές λήψης τοποθετήθηκαν πίσω από τέσσερα περισκόπια. Κατά την διάρκεια κάθε προσπάθειας ένας λαμπτήρας LED είχε τοποθετηθεί μπροστά από την κάθε μηχανή λήψης και ενεργοποιούνταν κάθε φορά που περνούσε η κολυμβήτρια από τον διαβαθμισμένο χώρο, αποτελώντας έτσι, το γεγονός συγχρονισμού.

### *Διαδικασία μέτρησης*

Για την διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν οι εγκαταστάσεις του Πανεπιστημιακού κολυμβητηρίου του ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΡΑΚΗΣ. Οι τέσσερις κάμερες τοποθετήθηκαν πίσω από αντίστοιχα περισκόπια, και οι οπτικοί τους άξονες σχημάτιζαν μεταξύ τους γωνία  $41^\circ$ .

Η διαβάθμιση του χώρου διεξαγωγής της κίνησης πραγματοποιήθηκε μέσω ενός κύβου διαβάθμισης διαστάσεων 1m x 3m x 1m στους X, Y και Z άξονες αντίστοιχα (X= εγκάρσιος άξονας, Y= επιμήκης άξονας, Z= κατακόρυφος άξονας).

Στην αρχή ο κύβος διαβάθμισης τοποθετήθηκε μέσα στο νερό, στο χώρο που θέλαμε να διαβαθμίσουμε (δηλαδή στο μέσο της κεντρικής διαδρομής του κολυμβητηρίου 25 m) και στη συνέχεια αφαιρέθηκε για να πραγματοποιήσουν τα περάσματα τους από τον ίδιο χώρο οι κολυμβήτριες.

Για τη διαβάθμιση του χώρου χρησιμοποιήθηκαν 24 σημεία ελέγχου πάνω στον κύβο διαβάθμισης, οι τρισδιάστατες συντεταγμένες των οποίων μετρήθηκαν με ακρίβεια χιλιοστού του μέτρου.

Πάνω στα χέρια (δεξί & αριστερό) των κολυμβητριών έγιναν σημάδια με μαύρο μαρκαδόρο:

- στον ώμο (ακρώμιο)
- στο πέμπτο μετακάρπιο,
- στο δεύτερο μετακάρπιο,

Επιπλέον, βάφτηκε από ένα σημάδι στο αριστερό και δεξιό ισχίο των κολυμβητριών, στο ύψος της μείζονος τροχαντήρας του μηριαίου οστού, για τον καθορισμό του μήκους της χεριάς των κολυμβητριών και της μέσης κολυμβητικής τους ταχύτητας.

Οι κολυμβήτριες διένυσαν μια απόσταση 25 m, με μέγιστη ένταση, μια φορά χωρίς αντίσταση και μια φορά με αντίσταση μεγάλης λεκάνης. Η λεκάνη είχε διάμετρο 35 cm και χωρητικότητα 6.5 lt. Στη βάση της υπήρχε ένα επιπρόσθετο φορτίο βάρους 170 gr και 5 τρύπες διαμέτρου 8 mm και έλκονταν από την κυρτή επιφάνειά της καθώς ήταν δεμένη στη μέση της κάθε κολυμβήτριας με ένα λάστιχο μήκους 1.5 m το οποίο στη διάρκεια της προσπάθειας τέντωνε και έφτανε τα 4 m, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η κίνηση της λεκάνης από τους κυματισμούς που προκαλεί η κολυμβήτρια.

Η κίνηση του κάθε χεριού από την είσοδο του στο νερό έως και την έξοδο του από αυτό, διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις :

- A. φάση γλιστρήματος
- B. φάση έλξης
- Γ. φάση ώθησης
- Δ. φάση επαναφοράς

Η καταγραφή των συντεταγμένων θέσης των επιλεγμένων σημείων πάνω στο σώμα των κολυμβητριών πραγματοποιήθηκε μέσω του συστήματος ARIEL PERFORMANCE ANALYSIS SYSTEM (APAS) και η μετατροπή των

δυσδιάστατων συντεταγμένων οθόνης σε πραγματικές τρισδιάστατες συντεταγμένες έγινε μέσω της μεθόδου DLT.

Η εξομάλυνση των αρχικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ψηφιακού φίλτρου με συχνότητα κοπής 6Hz, η οποία καθορίστηκε, μετά από ανάλυση υπολοίπων μεταξύ μη εξομαλυσμένων και εξομαλυσμένων δεδομένων για ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων.

Για τον καθορισμό του τρόπου συγχρονισμού των χεριών ψηφιοποιήθηκαν τρεις συνεχόμενες χεριές που εκτελέστηκαν μέσα στο διαβαθμισμένο χώρο: μια πρώτη αριστερή χεριά, μια δεξιά χεριά και μια δεύτερη αριστερή χεριά, όταν η κολυμβήτρια έμπαινε στο διαβαθμισμένο χώρο με το αριστερό χέρι ή μια πρώτη δεξιά χεριά, μια αριστερή και μια δεύτερη δεξιά χεριά, όταν η κολυμβήτρια έμπαινε στο διαβαθμισμένο χώρο με το δεξί χέρι.

Η μέση απόλυτη διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς καθορίστηκε μετά από ψηφιοποίηση της πρώτης αριστερής και της δεξιάς χεριάς, όταν η είσοδος της κολυμβήτριας στο διαβαθμισμένο χώρο γινόταν με το αριστερό χέρι ή της πρώτης δεξιάς και της αριστερής χεριάς, όταν η είσοδος της κολυμβήτριας στο διαβαθμισμένο χώρο γινόταν με το δεξί χέρι. Για τον υπολογισμό της μέσης σχετικής διάρκειας των επιμέρους φάσεων, εκφράστηκαν ως ποσοστό της μέσης διάρκειας ενός κύκλου χεριάς ( $T$ ), που ορίστηκε ως η μέση διάρκεια της πρώτης αριστερής και της δεξιάς χεριάς ή της πρώτης δεξιάς και της αριστερής χεριάς, όταν η είσοδος στο διαβαθμισμένο χώρο γινόταν με το αριστερό ή το δεξί χέρι αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του δείκτη συγχρονισμού, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τους Chollet et al. (2000), όταν οι κολυμβήτριες εισέρχονταν στο διαβαθμισμένο χώρο με το αριστερό χέρι, καθορίστηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της φάσης έλξης της δεξιάς χεριάς και της λήξης της φάσης ώθησης της πρώτης αριστερής χεριάς ( $LT_1$ ), καθώς επίσης και το χρονικό διάστημα μεταξύ της λήξης της φάσης ώθησης της δεξιάς χεριάς και της έναρξης της φάσης έλξης της δεύτερης αριστερής χεριάς ( $LT_2$ ). Όταν οι κολυμβήτριες εισέρχονταν στο διαβαθμισμένο χώρο με το δεξί χέρι, για τον υπολογισμό του δείκτη συγχρονισμού καθορίστηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της φάσης έλξης της αριστερής χεριάς και της λήξης της φάσης ώθησης της πρώτης δεξιάς χεριάς ( $LT_2$ ), καθώς επίσης και το χρονικό διάστημα μεταξύ της λήξης της φάσης ώθησης της αριστερής χεριάς και της έναρξης της φάσης έλξης της δεύτερης δεξιάς χεριάς



(LT<sub>1</sub>). Στη συνέχεια, και στις δύο περιπτώσεις, ανεξάρτητα δηλαδή από το χέρι εισόδου μέσα στο διαβαθμισμένο χώρο, ο μέσος όρος του χρονικού διαστήματος που μεσολαβούσε μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών εκφράστηκε ως ποσοστό του μέσου όρου της διάρκειας της χεριάς (T), έτσι ώστε να προκύψει ο δείκτης συγχρονισμού:

$$IdC = \frac{LT_1 + LT_2}{2} \times \frac{100}{T}$$

Επίσης υπολογίστηκαν το μήκος χεριάς (SL), η μέση κολυμβητική ταχύτητα (v) και η συχνότητα χεριάς (SR). Το μήκος χεριάς υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος της μετατόπισης του αριστερού και δεξιού ισχίου (μείζονα τροχαντήρα) στον επιμήκη άξονα Y, κατά τη διάρκεια μιας ολοκληρωμένης αριστερής και δεξιάς χεριάς, αντίστοιχα. Η μέση κολυμβητική ταχύτητα καθορίστηκε ως το πηλίκο του μέσου μήκους χεριάς προς τη μέση διάρκεια (T) της αριστερής και δεξιάς χεριάς (v=SL/T), ενώ η συχνότητα χεριάς ορίστηκε ως το πηλίκο της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας προς το μέσο μήκος χεριάς (SR= v/SL).

### **Στατιστική ανάλυση**

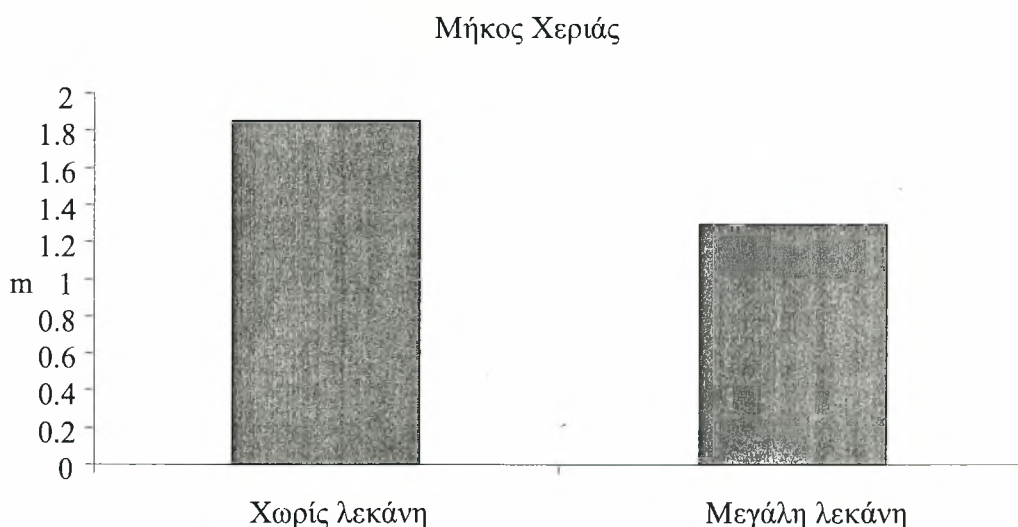
Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε t – test για εξαρτημένα δείγματα (paired-samples T-test) και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως  $p < 0.05$ , για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή. Ο έλεγχος της κανονικής κατανομής πραγματοποιήθηκε μέσω του μη παραμετρικού τεστ Kolmogorov – Smirnov.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας αφορούσαν παραμέτρους όπως: το μήκος χεριάς, τη συχνότητα χεριάς, τη μέση κολυμβητική ταχύτητα, τον δείκτη συντονισμού, τους χρόνους γλιστρήματος, έλξης, ώθησης, και επαναφοράς, τους χρόνους της προωθητικής και μη προωθητικής φάσης, και την διάρκεια της υποβρύχιας έλξης. Όλες οι χρονικές παράμετροι αναλύθηκαν και ως προς την απόλυτη, αλλά και ως προς την σχετική τους διάρκεια (επί τοις 100 ως προς τον συνολικό χρόνο της κίνησης). Ακολουθεί λεπτομερέστερη επεξήγηση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων:

### *Μήκος χεριάς (SL)*

Υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση ( $t_9=14.915$ ;  $p < 0.05$ ) του μέσου όρου του μήκους χεριάς από  $1.85 \pm 0.09$  m κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $1.29 \pm 0.01$  (m) κατά την κολύμβηση με λεκάνη.



**Σχήμα 6.** Μέσοι όροι του μήκους χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

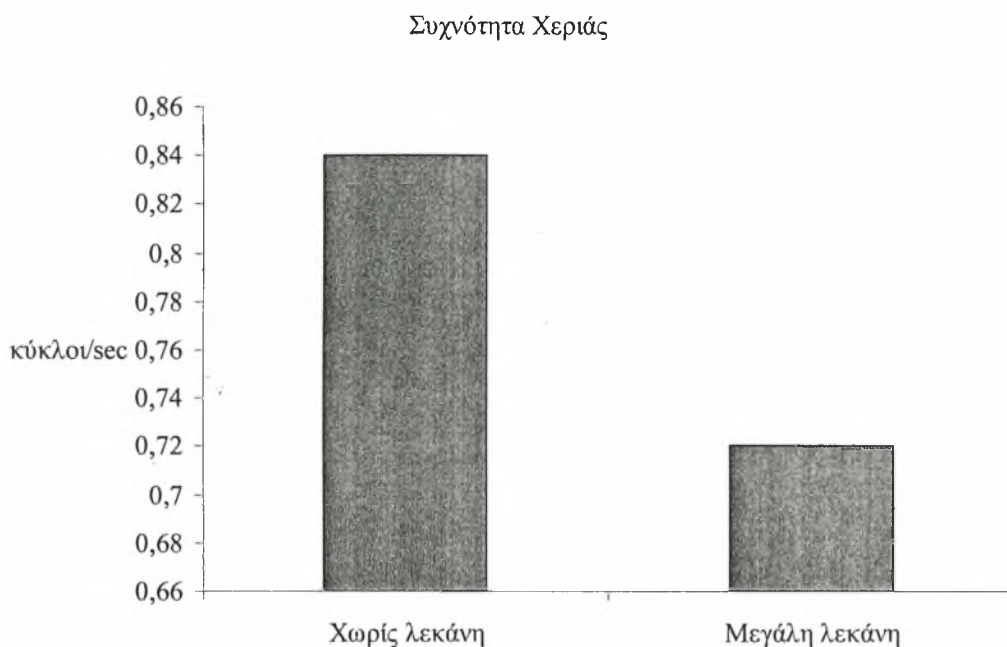
**Πίνακας 1.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του μήκους χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (m)	Με λεκάνη (m)	t- τιμή
1.85 ± 0.09	1.3 ± 0.12	14.915*

\*p< 0.05

### Συχνότητα χεριάς (SR)

Υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση ( $t_9=7.938$ ;  $p< 0.05$ ) του μέσου όρου της συχνότητας της χεριάς από  $0.84 \pm 0.05$  κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $0.72 \pm 0.054$  (κύκλους/sec) κατά την κολύμβηση με λεκάνη.



**Σχήμα 7.** Μέσοι όροι της συχνότητας χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

**Πίνακας 2.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της συχνότητας χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

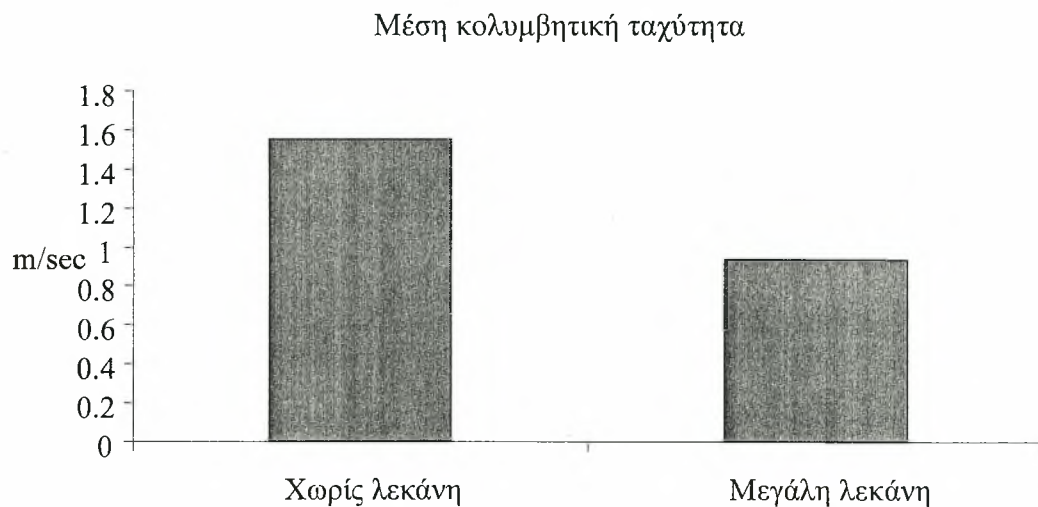
Χωρίς λεκάνη (κύκλοι/sec)	Με λεκάνη (κύκλοι/sec)	t- τιμή
0.84 ± 0.05	0.73 ± 0.06	7.938*

\*p< 0.05



### Μέση κολυμβητική ταχύτητα

Υπήρξε σημαντική μείωση ( $t_9=34.848$ ;  $p < 0.05$ ) της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας κατά το ελεύθερο στυλ ( $1.55 \pm 0.07$ ) σε σύγκριση με την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης  $0.94 \pm 0.09$  (m/sec).



**Σχήμα 8.** Μέσοι όροι της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

**Πίνακας 3.** Μέσοι όροι των και τυπικές αποκλίσεις της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

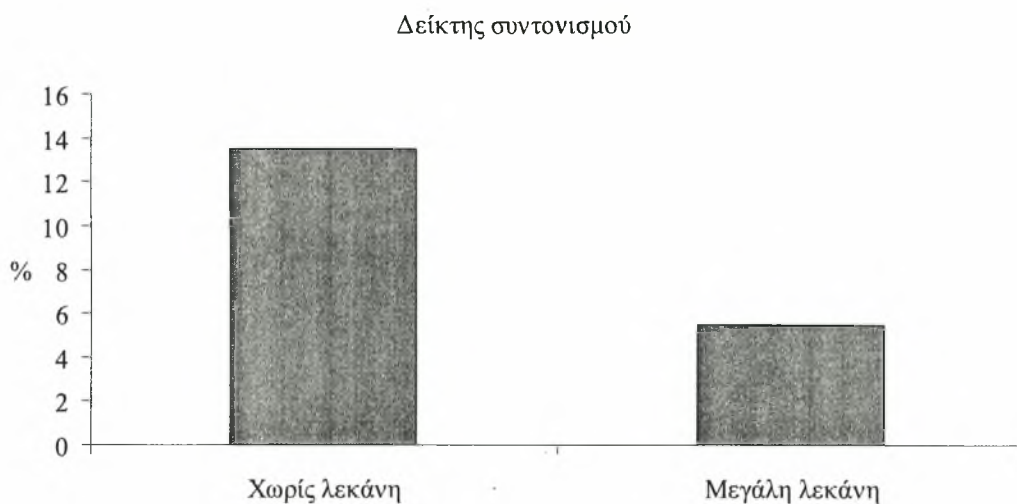
Χωρίς Λεκάνη (m/sec)	Με λεκάνη (m/sec)	t- τιμή
$1.55 \pm 0.07$	$0.94 \pm 0.09$	34.848*

\*  $p < 0.05$



### Δείκτης συντονισμού (IdC)

Υπήρξε σημαντική αύξηση ( $t_9=-8.044$ ;  $p< 0.05$ ) του μέσου όρου του δείκτη συντονισμού από  $-13.5 \pm 4.00$  κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $-5.5 \pm 3.12$  (%) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.



**Σχήμα 9.** Μέσοι όροι του δείκτη συντονισμού κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

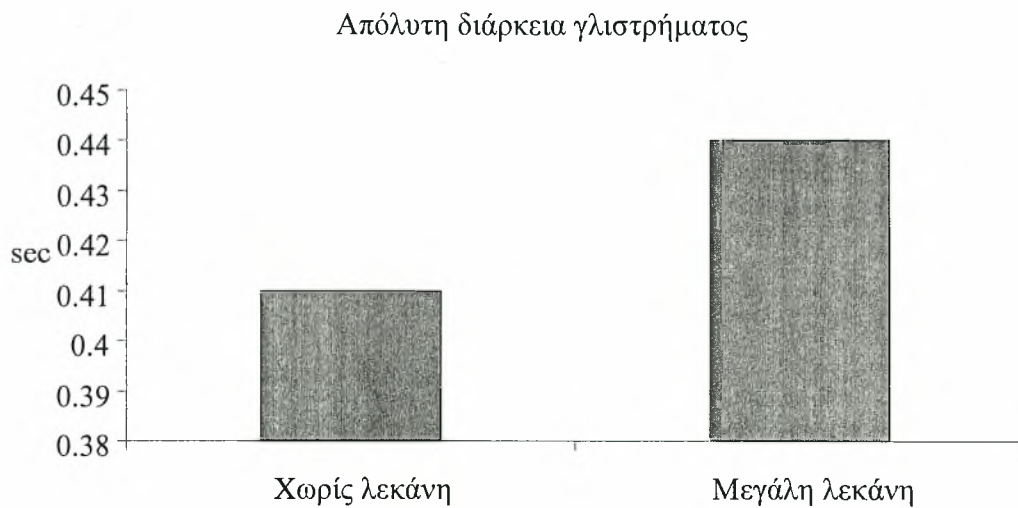
**Πίνακας 4.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του δείκτη συντονισμού, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t- τιμή
$-13.5 \pm 4.00$	$-5.5 \pm 3.12$	8.044*

\*  $p< 0.05$

### Απόλυτη διάρκεια γλιστρήματος

Ο μέσος όρος του γλιστρήματος αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9=-2.889$ ;  $p < 0.05$ ) από  $0.41 \pm 0.0895$  (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $0.44 \pm 0.0898$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 10.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας γλιστρήματος κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

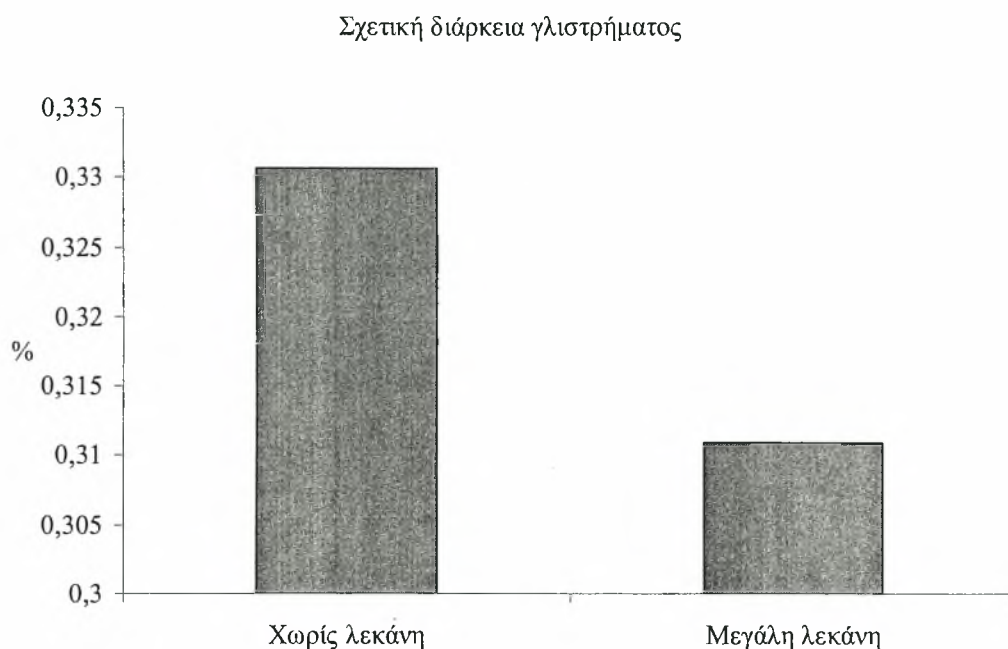
**Πίνακας 5.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας γλιστρήματος κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (m/sec)	Με λεκάνη (m/sec)	t- τιμή
$0.41 \pm 0.09$	$0.44 \pm 0.09$	2.889*

\*  $p < 0.05$

### Σχετική διάρκεια γλιστρήματος

Ο μέσος όρος του γλιστρήματος σχετικοποιημένος ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς, μειώθηκε ( $t_9=2.385$ ;  $p < 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $33.65 \pm 6.02$  % κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $31.93 \pm 4.26$  % κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.



**Σχήμα 11.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας του γλιστρήματος ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

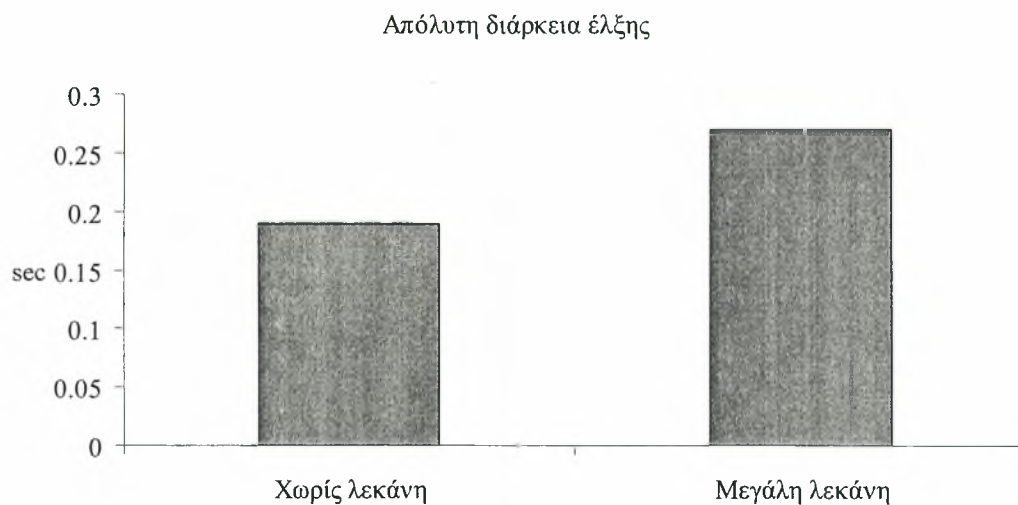
**Πίνακας 6.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας του γλιστρήματος ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς, κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t- τιμή
$33.65 \pm 6.02$	$31.93 \pm 4.26$	2.385*

\*  $p < 0.05$

### Απόλυτη διάρκεια έλξης

Ο μέσος όρος της απόλυτης διάρκειας της έλξης αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9 = -9.674$ ;  $p < 0.05$ .) από  $0.19 \pm 0.025$  (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $0.27 \pm 0.021$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 12.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

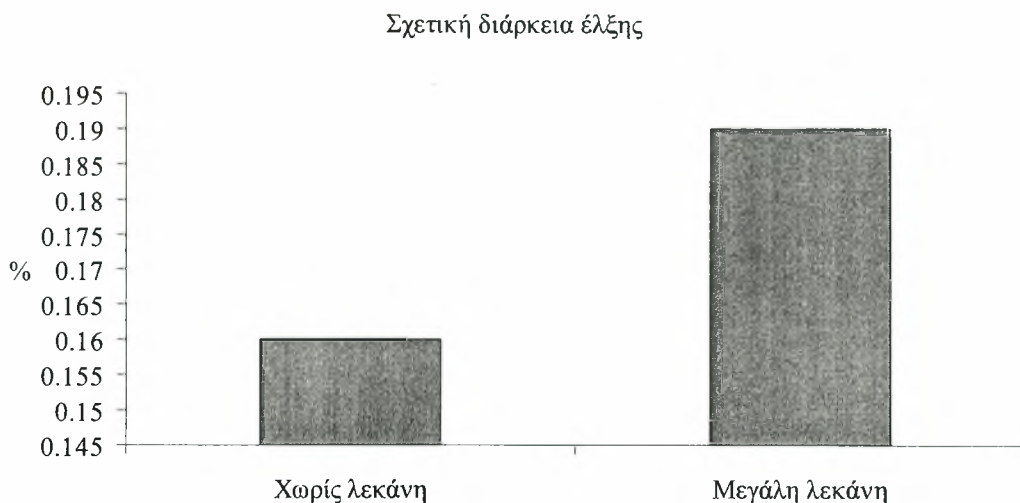
**Πίνακας 7.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t- τιμή
$0.19 \pm 0.03$	$0.27 \pm 0.021$	9.674*

\*  $p < 0.05$

### Σχετική διάρκεια της έλξης

Ο μέσος όρος της σχετικής διάρκειας της έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς, αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9 = -5.593$ ;  $p < 0,05$ .) από  $16.5 \pm 1.8$  (%) κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $20.00 \pm 1.5$  (%) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 13.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

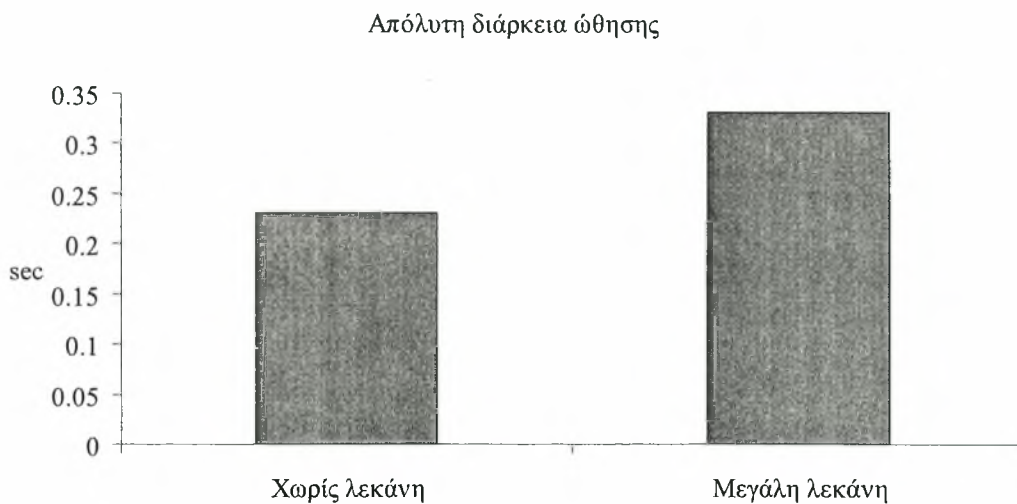
**Πίνακας 8.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t - τιμή
16.5 ± 1.8	20.00 ± 1.5	5.593*

\*  $p < 0.05$

### Απόλυτη διάρκεια ώθησης

Ο μέσος όρος της απόλυτης διάρκειας της ώθησης αυξήθηκε ( $t_9=-14.469$ ;  $p < 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $0.23 \pm 0.03(\text{sec})$  κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $0.33 \pm 0.04 (\text{sec})$  κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 14.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της ώθησης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

**Πίνακας 9.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της ώθησης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

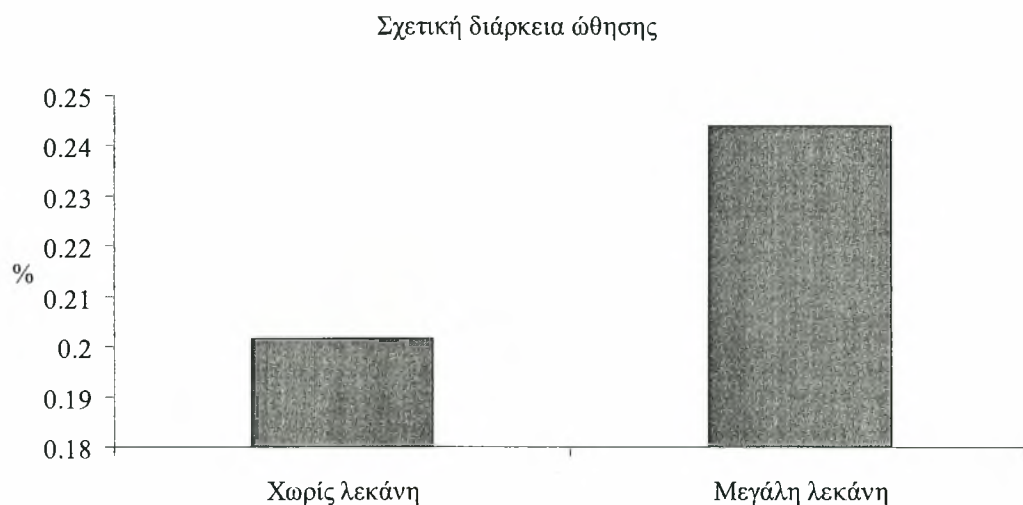
Χωρίς λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t - τιμή
$0.24 \pm 0.03$	$0.34 \pm 0.04$	14.469*

\* $p < 0.05$



### Σχετική διάρκεια της ώθησης

Ο μέσος όρος της σχετικής διάρκειας της ώθησης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς αυξήθηκε ( $t_9 = -7.532$ ;  $p < 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $20.15 \pm 2.64$  (%) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη σε  $24.4 \pm 2.01$  (%) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.



**Σχήμα 15.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της ώθησης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

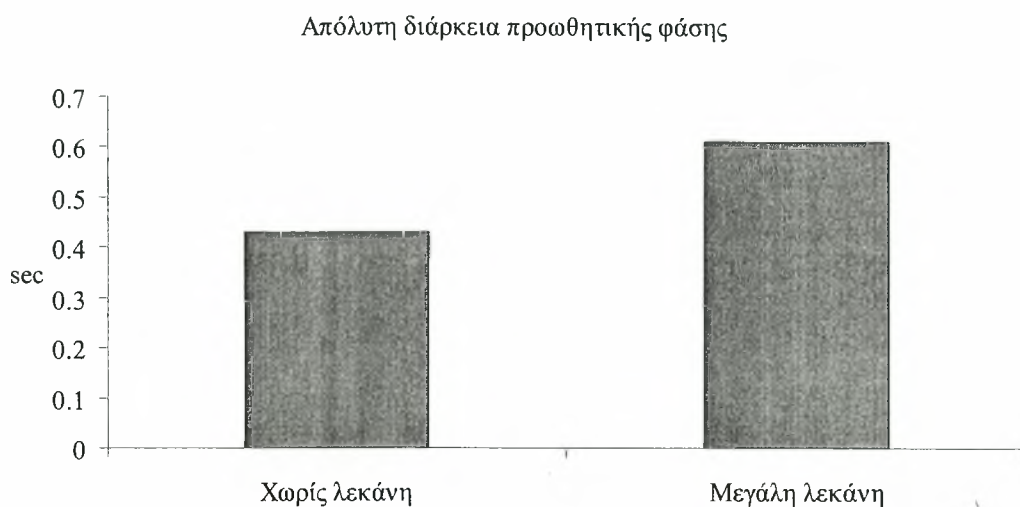
**Πίνακας 10.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της ώθησης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t - τιμή
20.15 ± 2.64	24.4 ± 2.01	7.532*

\*  $p < 0.05$

### Απόλυτη διάρκεια προωθητικής φάσης

Όσον αφορά το μέσο όρο της απόλυτης διάρκειας της προωθητικής φάσης αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9=-23.188$ ;  $p < 0.05$ ) από  $0.43 \pm 0.05$  (sec) κατά τη διάρκεια της κολύμβησης χωρίς λεκάνη, σε  $0.61 \pm 0.06$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 16.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της προωθητικής φάσης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

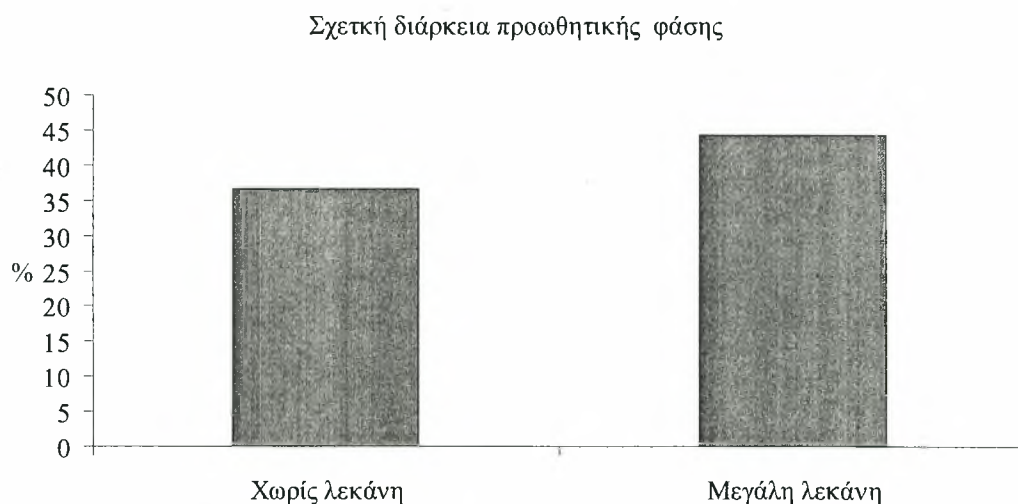
**Πίνακας 11.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της προωθητικής φάσης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t - τιμή
$0.43 \pm 0.05$	$0.61 \pm 0.06$	23.188*

\* $p < 0.05$

### Σχετική διάρκεια προωθητικής φάσης

Όσον αφορά το μέσο όρο της σχετικής διάρκειας της προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική υποβρύχια διάρκεια της χεριάς αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9 = -13.200$ ;  $p < 0.05$ ) από  $36.6 \pm 3.47$ (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $44.2 \pm 2.32$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 17.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

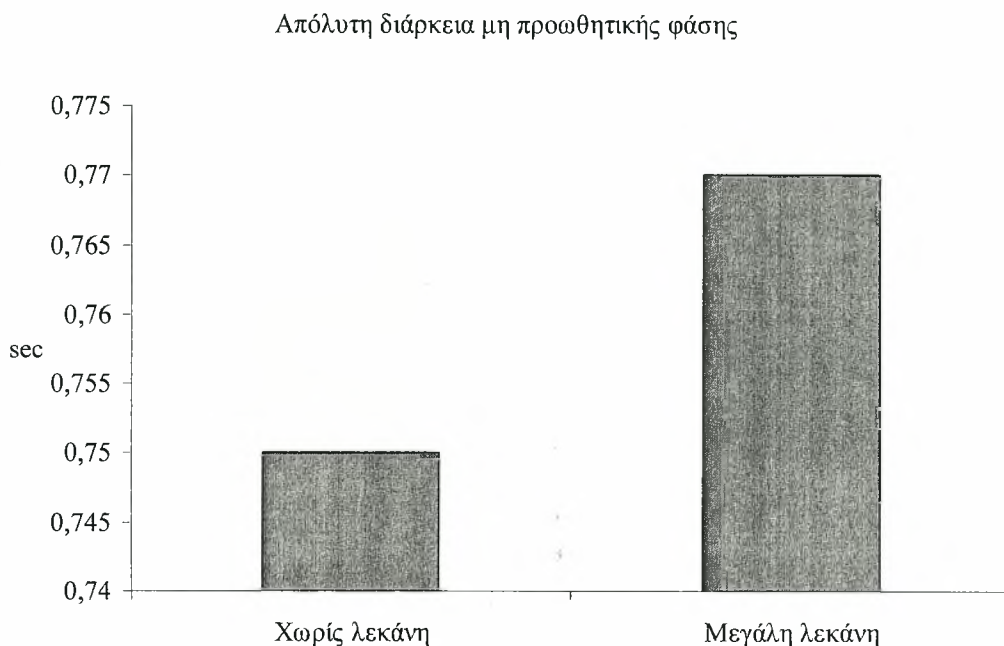
**Πίνακας 12.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκειας της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t - τιμή
36.6 ± 3.47	44.2 ± 2.32	13.200*

\* $p < 0.05$

### Απόλυτη διάρκεια της μη - προωθητικής φάσης

Ο μέσος όρος της απόλυτης διάρκειας της μη προωθητικής φάσης αυξήθηκε ( $t_9=0.773$ ;  $p> 0.05$ ) από  $0.75 \pm 0.063$  (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $0.77 \pm 0.07$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης (δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά).



**Σχήμα 18.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της μη προωθητικής φάσης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

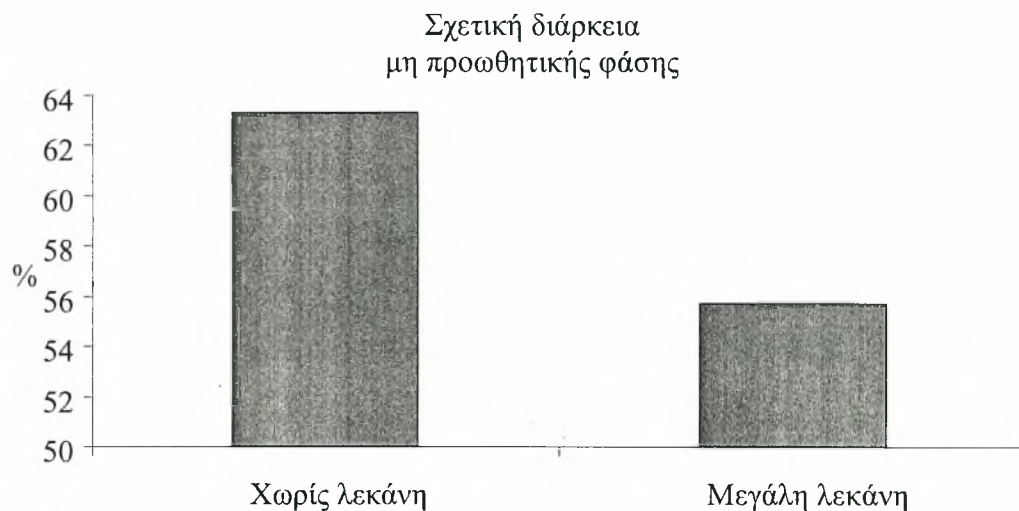
**Πίνακας 13.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της μη προωθητικής φάσης κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t - τιμή
$0.75 \pm 0.06$	$0.77 \pm 0.07$	0.773

$p> 0.05$

### Σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης

Όσον αφορά το μέσο όρο της σχετικής διάρκειας της μη προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς μειώθηκε ( $t_9=13.200$ ;  $p< 0.05$ ) από  $63.3 \pm 3.47$  (%) κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $55.7 \pm 2.32$  (%) κατά τη κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 19.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της μη προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη

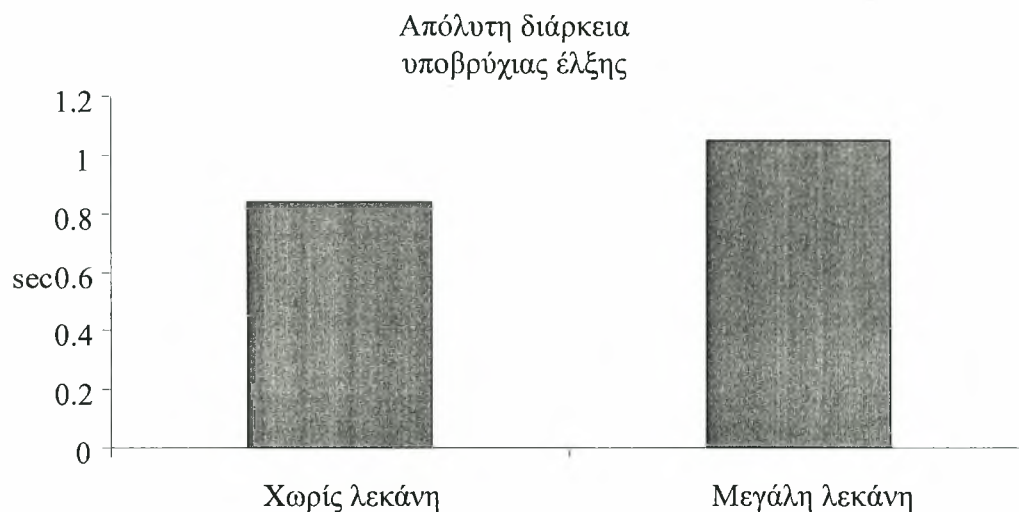
**Πίνακας 14.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της μη προωθητικής φάσης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς κατά τη κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t - τιμή
$63.3 \pm 3.47$	$55.7 \pm 2.32$	13.200*

\*  $p< 0.05$

### *Απόλυτη διάρκεια της υποβρύχιας έλξης*

Ο μέσος όρος της απόλυτης διάρκειας της υποβρύχιας έλξης αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9=-11.377$ ;  $p< 0.05$ ) από  $0.84 \pm 0.11$  (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $1.05 \pm 0.128$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 20.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της υποβρύχιας έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

**Πίνακας 15.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της υποβρύχιας έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

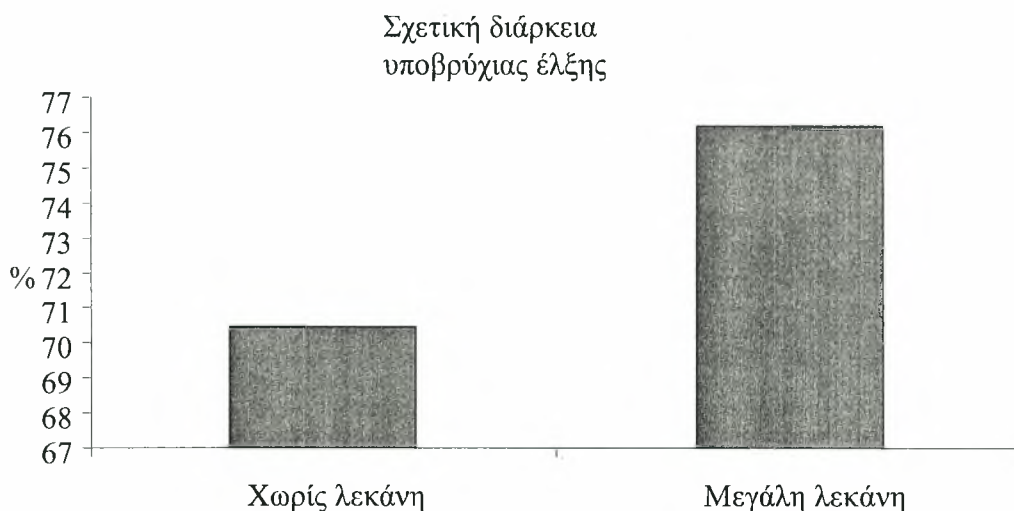
Χωρίς λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t - τιμή
$0.84 \pm 0.11$	$1.05 \pm 0.128$	11.377*

\*  $p< 0.05$



### Σχετική διάρκεια της υποβρύχιας έλξης

Ο μέσος όρος της σχετικής διάρκειας της υποβρύχιας έλξης ως προς τη συνολική υποβρύχια διάρκεια της χειριάς αυξήθηκε ( $t_9 = -6.093$   $p < 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $70.46 \pm 6.21$  (%) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $76.2 \pm 3.54$  (%) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 21.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της υποβρύχιας έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

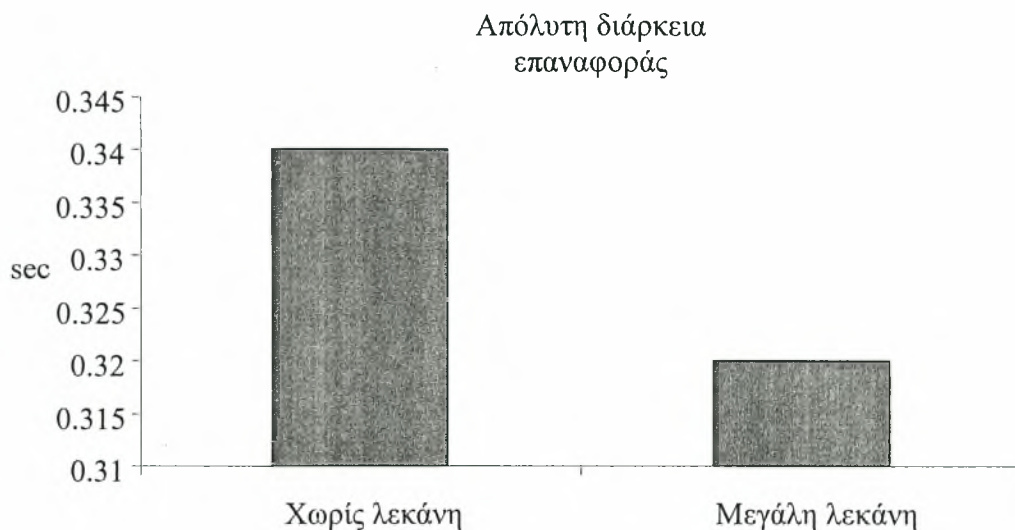
**Πίνακας 16.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της υποβρύχιας έλξης ως προς τη συνολική διάρκεια της χειριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t - τιμή
70.46 ± 6.21	76.2 ± 3.54	6.093*

\*  $p < 0.05$

### *Απόλυτη διάρκεια της επαναφοράς*

Ο μέσος όρος της απόλυτης διάρκειας της επαναφοράς μειώθηκε ( $t_9=1.926$ ;  $p < 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $0.34 \pm 0.06$  (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $0.32 \pm 0.03$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 22.** Μέσοι όροι της απόλυτης διάρκειας της επαναφοράς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

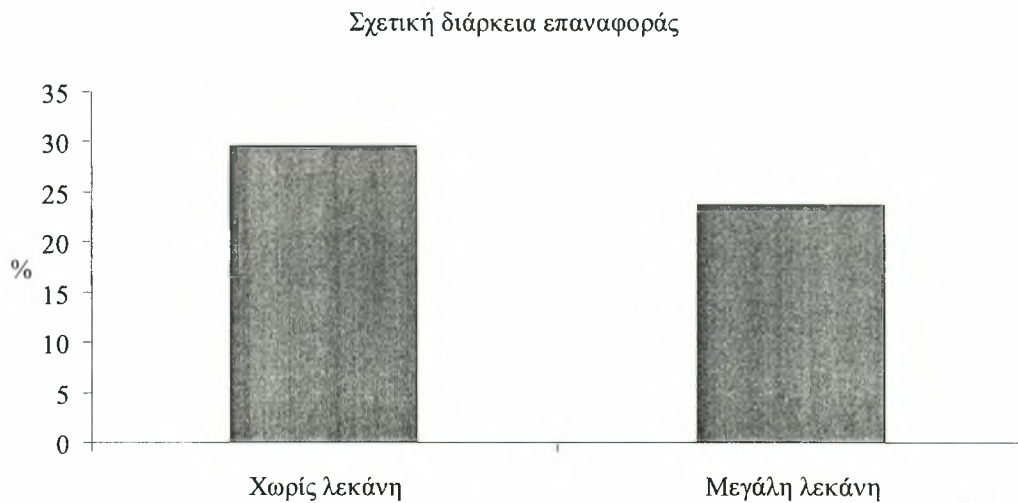
**Πίνακας 17.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της απόλυτης διάρκειας της επαναφοράς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t - τιμή
$0.34 \pm 0.06$	$0.32 \pm 0.03$	1.926*

\*  $p < 0.05$

### Σχετική διάρκεια της επαναφοράς

Ο μέσος όρος της σχετικής διάρκειας της επαναφοράς ως προς τη συνολική υποβρύχια διάρκεια της χεριάς μειώθηκε ( $t_9=6.093$ ;  $p < 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $29.5 \pm 6.21$  (%) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $23.7 \pm 3.54$  (%) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης.



**Σχήμα 23.** Μέσοι όροι της σχετικής διάρκειας της επαναφοράς ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

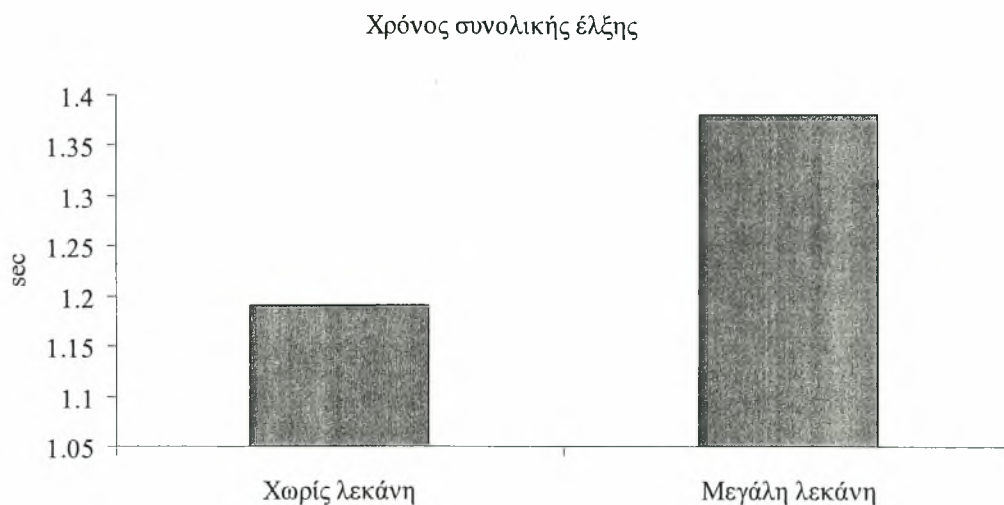
**Πίνακας 18.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της σχετικής διάρκειας της επαναφοράς ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς λεκάνη (%)	Με λεκάνη (%)	t - τιμή
29.5 ± 6.21	23.7 ± 3.54	6.093*

\*  $p < 0.05$

### Χρόνος συνολικής έλξης

Τέλος, ο χρόνος της συνολικής έλξης αυξήθηκε ( $t_9=-7.513$ ;  $p< 0.05$ ) στατιστικά σημαντικά από  $1.19 \pm 0.07$  (sec) κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη, σε  $1.38 \pm 0.10$  (sec) κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.



**Σχήμα 24.** Μέσοι όροι του χρόνου της συνολικής έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

**Πίνακας 19.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του χρόνου της συνολικής έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς λεκάνη και με μεγάλη λεκάνη.

Χωρίς Λεκάνη (sec)	Με λεκάνη (sec)	t - τιμή
$1.19 \pm 0.07$	$1.38 \pm 0.10$	7.513*

\*  $p< 0.05$



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις, στις παραμέτρους που εξετάστηκαν (μήκος – συχνότητα χεριάς, ταχύτητα και διάρκεια των φάσεων της συνολικής χεριάς). Είναι σημαντικό να ειπωθεί πως τα χωρο-χρονικά δεδομένα όπως: μήκος, συχνότητα χεριάς, και η σχέση τους με την ταχύτητα, μπορούν να θεωρηθούν ως παράμετροι ελέγχου του συντονισμού. Συγκεκριμένα, υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση της ταχύτητας από  $1.55 \pm 0.067$  m/sec σε  $0.94 \pm 0.09$  m/sec, και αντίστοιχη μείωση του μήκους χεριάς από  $1.85 \pm 0.09$  m σε  $1.29 \pm 0.01$  m, καθώς και της συχνότητας χεριάς από  $0.84 \pm 0.05$  σε  $0.72 \pm 0.05$  κύκλους/sec, κατά την κολύμβηση με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους. Οι κολυμβήτριες κατά την κολύμβηση με μεγάλες λεκάνες μείωσαν την ταχύτητα ενώ αύξησαν τη σχετική διάρκεια των προωθητικών φάσεων.

Επιπλέον, τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία και με την έρευνα των Albery et al. (2005), οι οποίοι έδειξαν πως όσο αυξάνονταν η κόπωση (στους κολυμβητές), τόσο μειώνονταν η συχνότητα και το μήκος της χεριάς. Το γεγονός αυτό, πιθανόν να σχετίζεται με ανάπτυξη τοπικής μυικής κόπωσης (Keskinen et al., 1993), αλλά και με αντίστοιχη αύξηση της αντίστασης.

Η συσχέτιση μεταξύ μήκους και συχνότητας χεριάς με την κολυμβητική ταχύτητα, αποδεικνύει πως η συχνότητα και το μήκος χεριάς είναι παράμετροι της επιδεξιότητας στις μικρές αποστάσεις.

Συγκεκριμένα, βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσης έρευνας παρόλο που οι κολυμβήτριες, κατά τη διάρκεια κολύμβησης με μεγάλη λεκάνη δεν υιοθέτησαν το μοντέλο της αντίθεσης ή της υπέρθεσης, κατάφεραν ωστόσο, να αυξήσουν σημαντικά τον δείκτη συντονισμού από  $-13.5 \pm 4$  % σε  $-5.5 \pm 3.12$  %. Ομοίως, σε έρευνα των Sidney et al. (2001), παρόλο που ο δείκτης συντονισμού (IdC) ήταν αρνητικός δηλαδή, ανταποκρίνονταν στο μοντέλο του πιασίματος, αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά όταν χρησιμοποιήθηκαν χεράκια (μέθοδος προπόνησης αντίστασης) από  $-5 \pm 4$  % σε  $-1 \pm 4$  %.

Το γεγονός ότι το δείγμα της έρευνας αφορούσε κολυμβήτριες αιτιολογεί την παραμονή στο μοντέλο του πιασίματος. Σε καταστάσεις υψηλής αντίστασης οι κολυμβητές προσαρμόζονται αποτελεσματικότερα από ότι οι κολυμβήτριες. Επίσης οι κολυμβητές έχουν καλύτερη κινητική οργάνωση, έτσι ώστε να προσαρμόζουν κατάλληλα την τεχνική τους στους βιομηχανικούς περιορισμούς, σε αντίθεση με τις κολυμβήτριες

Η αύξηση του δείκτη συντονισμού είναι αποτέλεσμα της μείωση της χρονικής διαφοράς μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών γεγονός που οδηγεί σε αποτελεσματικότερη εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων.

Επίσης, σε έρευνα των Alberty et al. (2005), σημειώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της σχετικής διάρκειας του χρόνου προώθησης, καθώς και στατιστικά σημαντική μείωση του μήκους αλλά, και της συχνότητας χεριάς όταν αυξάνονταν η αντίσταση στους κολυμβητές.

Είναι σημαντικό να ειπωθεί πως κάτω από αυτούς τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς (χρήση λεκάνης), η εξέλιξη του δείκτη συντονισμού φαίνεται να συνδέεται με τη μείωση της χρονικής διαφοράς ανάμεσα στις προωθητικές φάσεις των χεριών (Alberty et al., 2005). Κάτι τέτοιο οδηγεί σε αποτελεσματικότερη εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων. Φαίνεται πως οι κολυμβήτριες προσπαθούσαν να αντιμετωπίσουν την επιπλέον αντίσταση που προέκυπτε από τη χρήση της λεκάνης, μειώνοντας το χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε μεταξύ των προωθητικών δυνάμεων των δύο χεριών. Η σημαντική αύξηση του δείκτη συντονισμού προήλθε από την αύξηση των προωθητικών φάσεων (έλξη και ώθηση), και τη μείωση των μη προωθητικών φάσεων (γλίστρημα και επαναφορά). Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της κολύμβησης με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους, οι κολυμβήτριες αύξησαν τη σχετική διάρκεια της έλξης και ώθησης από  $0.16 \pm 1.82 \%$  σε  $0.19 \pm 1.45 \%$  και από  $0.2 \pm 2.64 \%$  σε  $0.24 \pm 2.01 \%$ , αντιστοίχως. Το ίδιο προέκυψε και όσον αφορά την απόλυτη διάρκεια των παραπάνω φάσεων υπήρξε επίσης αύξηση από  $0.19 \pm 0.025 \text{ sec}$  σε  $0.27 \pm 0.021 \text{ sec}$  (έλξη), και από  $0.23 \pm 0.03 \text{ (sec)}$  σε  $0.33 \pm 0.04 \text{ sec}$  (ώθηση). Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με έρευνα των Sidney et al. (2001), οι οποίοι έδειξαν πως κατά τη διάρκεια κολύμβησης με χεράκια η σχετική διάρκεια της φάσης ώθησης αυξήθηκε σημαντικά ( $p < 0.01$ ).

Σε ότι αφορά τη σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης (έλξη + ώθηση), υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση από  $36.6 \pm 3.47 \%$  σε  $44.2 \pm 2.32 \%$ , κατά



την διάρκεια κολύμβησης με αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους. Το ίδιο συμβαίνει και για την απόλυτη διάρκεια της παραπάνω φάσης, από  $0.43 \pm 0.05$ (sec) σε  $0.61 \pm 0.05$  (sec), όταν χρησιμοποιήθηκαν μεγάλες λεκάνες. Η αύξηση της συνολικής σχετικής διάρκειας των προωθητικών φάσεων και της συνολικής διάρκειας της χεριάς αποδεικνύουν πως οι κολυμβήτριες αξιοποιούν περισσότερο χρόνο στις προωθητικές φάσεις σε καταστάσεις αυξημένης αντίστασης και κόπωσης (Alberty et al., 2005). Επίσης, η αύξηση της σχετικής διάρκειας της φάσης έλξης και ώθησης φαίνεται να σχετίζεται με τη μείωση της ταχύτητας του χεριού. Τα παραπάνω αποτελέσματα βρίσκονται σε αρμονία με αυτά των Alves et al. (1999), και Monteil et al. (1994), οι οποίοι βρήκαν πως η σχετική διάρκεια της υποβρύχιας έλξης αυξάνεται με την αύξηση της αντίστασης. Γεγονός, το οποίο αποδεικνύεται και από την παρούσα έρευνα, όπου σημειώθηκε σημαντική αύξηση της σχετικής διάρκειας της υποβρύχιας έλξης των κολυμβητριών από  $70.5 \pm 6.21$  % σε  $76.2 \pm 3.54$  %. Ομοίως οι Stoner & Luedke (1979), έδειξαν πως χρησιμοποιώντας μεγάλα χεράκια, οι κολυμβητές αύξησαν την υποβρύχια έλξη. Η χρήση της λεκάνης αύξησε την αντίσταση των κολυμβητριών, κάτι το οποίο φαίνεται από τη μείωση της ταχύτητας και του μήκους αλλά και της συχνότητας χεριάς. Για την αντιμετώπιση αυτών των βιομηχανικών περιορισμών (χρήση λεκάνης), οι κολυμβήτριες αύξησαν τις προωθητικές φάσεις έτσι ώστε να αντισταθμίσουν τις δυνάμεις αντίστασης που δρουν αντίθετα στην κίνηση τους.

Όσον αφορά, την απόλυτη διάρκεια της υποβρύχιας έλξης, υπήρξε ομοίως αύξηση από  $0.84 \pm 0.11$  sec σε  $1.05 \pm 0.12$  sec, όταν χρησιμοποιήθηκε αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους.

Βάσει των παραπάνω τροποποιήσεων οι κολυμβήτριες επωφελήθηκαν από μεγάλες περιόδους εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων (Chatard et al., 1990; Counsilman 1981).

Σε αντίθεση, η διάρκεια των μη προωθητικών φάσεων μειώθηκε στατιστικά σημαντικά όταν χρησιμοποιήθηκαν μεγάλες λεκάνες. Συγκεκριμένα, η σχετική διάρκεια του γλιστρήματος μειώθηκε από  $0.33 \pm 6.01$  % σε  $0.31 \pm 4.2$  %, κατά την κολύμβηση με μεγάλες λεκάνες γεγονός που φαίνεται ότι σχετίζεται με τη μείωση του μήκους χεριάς (Chollet et al, 2000; Keskinen & Komi 1993). Ωστόσο, η απόλυτη διάρκεια του γλιστρήματος αυξήθηκε από  $0.40 \pm 0.08$  sec σε  $0.44 \pm 0.08$  sec, όταν χρησιμοποιήθηκε αντίσταση λεκάνης μεγάλου μεγέθους

Σε ότι αφορά τη φάση της επαναφοράς, κατά τη κολύμβηση με μεγάλες λεκάνες σημειώθηκε μείωση και αφορούσε και την απόλυτη αλλά και σχετική διάρκεια από  $0.34 \pm 0.06$  sec σε  $0.32 \pm 0.07$  sec, και από  $29.5 \pm 6.21$  % σε  $23.7 \pm 3.54$  %, αντίστοιχα. Με τη χρήση της λεκάνης (αύξηση αντίστασης) οι κολυμβήτριες μείωσαν τις μη προωθητικές φάσεις (γλίστρημα, επαναφορά) ενώ αντίθετα, αύξησαν τις προωθητικές (έλξη, ώθηση). Γεγονός που ισχύει και σε έρευνα των Sidney et al. (2001), οι οποίοι χρησιμοποίησαν ως αντίσταση μεγάλα χεράκια.

Όσον αφορά τη διάρκεια της συνολικής έλξης σημειώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση από  $1.19 \pm 0.07$  sec σε  $1.38 \pm 0.10$  sec, κατά την κολύμβηση με μεγάλες λεκάνες.

Είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι, κατά τη κολύμβηση με μεγάλες λεκάνες οι κολυμβήτριες αύξησαν την διάρκεια της συνολικής χεριάς έτσι ώστε να εκμεταλλευτούν κάθε προωθητική δύναμη για να ανταπεξέλθουν στους περιβαλλοντικούς βιομηχανικούς περιορισμούς.

Συνεπώς, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης λεκάνης μεγάλου μεγέθους, όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, παρά τη στατιστικά σημαντική μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας και του μήκους χεριάς, λόγω της αυξημένης αντίστασης που δεχόντουσαν οι κολυμβήτριες, η χρονική αλληλουχία εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων και από τα δύο χέρια φαίνεται να διαφοροποιείται και να σημειώνεται μια τάση μετάβασης από το πρότυπο του «πιασίματος» στο πρότυπο της «αντίθεσης», που είναι αποτέλεσμα της μείωσης της διάρκειας της χρονικής καθυστέρησης έναρξης της προωθητικής φάσης από το ένα χέρι, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού, καθώς επίσης και αύξησης της διάρκειας των προωθητικών φάσεων και εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, συμβάλλοντας έτσι ενδεχομένως στην εκμάθηση ενός αποτελεσματικότερου τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυλωνίτου, Ε. (1996). Αθλητικές επιδόσεις στην κολύμβηση. *College of Sports Sciences Press*.
- Alberty M., Sidney M., Huot- Marchand F. Hespel M.J., Pelayo P., (2005). Intracyclic Velocity Variations and Arm Coordination During Exhaustive Exercise in Front Crawl Stroke. *International Journal of Sports Medicine*. 26, 471-475.
- Arellano. R., Brown P., Cappaert J., Nelson R. C. (1994). Analysis of 50, - 100- and 200- m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*. 10, 189 – 199.
- Birrer, R. B. & Levine, R. (1987). Performance parameters in children and adolescent athletes. *Sports Medicine*. 1,211–227.
- Blanksby B.A., Bloomfield J., Ponchard M., & Ackland T.R. (1986). The relationship between anatomical characteristics and swimming performance in stage age – group championship competitors. *Journal of Swimming Research*. 2, 30 – 36.
- Cappaert J.M., Pease D.L, Troup J.P. (1995). Three- Dimensional analysis of the men’s 100- m freestyle During the 1992 Olympic Games. *Journal of applied Biomechanics*. 11, 103 – 112.
- Chatard J.C., Collomp C., Maglischo E., Maglischo C. (1990). Swimming skill and stroking of front crawl swimmers. *International Journal Sports Medicine*. 11, 156 – 161.
- Chollet D., Pelayo P., Tourny C., Sidney M. (1996). Comparative analysis of 100m and 200m events in the four strokes in top level swimmers. *Journal of Human Movement Studies*. 31, 25-37. In Seifert L., Boulesteix L., Carter M., Chollet. D., (2005). The Spatial – Temporal and Coordinative Structures in Elite Male 100 – m Front Crawl Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 26, 286 – 297.

- Chollet, D., Chalies, S., Chatard, J.C. (2000). A new index of coordination for the crawl Q Description and usefulness. *International Journal of Sport Medicine*. 21, 54 – 59.
- Costill, D., Sharp, R., Troup, J. (1980). Muscle Strength: contributions to sprint training. *Swimming World*. 21, 29–34.
- Costill D.L., Maglisco E.W., Richardson A.B. (1992). *Swimming Oxford: Blackwell scientific Publications*.
- Costill D.L., Maglisco, E.W., & Richardson, A.B., (1992). *Swimming*, pp. 65-78. *Oxford: Blackwell Scientific*.
- Graig AB., Pendergast DR. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming competition (1979). *Medicine Science Sports Exercise*. 11, 278-283.
- Grimston, S.K., & Hay, J.G. (1986). Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Medicine and science in sports and Exercise*. 18, 60-68.
- Handford C., Davids K., Bennet, S., & Button C. (1997). Skill acquisition in sport: some applications of an evolving practice ecology. *Journal of Sports Sciences*. 15, 612-640.
- Hollander, AP., De Groot, G., Van Ingen Schenau, GJ., et al. (1986). Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. *Journal of Sports Sciences*. 4, 21-30.
- Hue O., Benavelte H., Chollet D. (2003). Swimming skill in triathletes and Swimmers using the Index of Co – ordination. *Journal of Human Movement Studies*. 44, 107 – 120.
- Kennedy P., Brown F., Chengalur S.N., Nelson R.C. (1990). Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100 metres events. *International Journal Sports Biomechanics*. 6, 187 – 197.
- Keskinen K.L., Tilli L.J., & Komi P.V. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scandinavian Journal of Sports Science*. 11, 87–92.
- Keskinen K.L., & Komi P.V. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of Applied Biomechanics*. 9, 219–226.

- Kolmogorov S.V, Duplishceva O.A. (1992). Active drag, Useful Mechanical Power Output and Hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*. Vol.25, No.3, pp.311–318.
- Kolmogorov S.V., Rumyantseva O.A., Gordon B.J., Cappaert J.M. (1997). Hydrodynamic Characteristics of Competitive Swimmers of Different Genders and Performance Levels. *Journal of Applied Biomechanics*. 11, 88-97.
- Lauder M.A., Dabnichki P., Bartlett R.M. (2001). Improved accuracy and reliability of sweepback angle, pitch angle and hand velocity calculations in swimming. *Journal of Biomechanics*. 34, 31-39.
- Lerda R., Cardelli C., & Chollet D. (2001). Analysis of the interaction between breathing and arm action in the front crawl. *Journal of Human movement studies*. 40, 129-144.
- Lerda R., Cardelli C., (2003). Breathing and Propelling in Crawl as a Function of Skill and Swim Velocity. *International Journal of Sports Medicine*. 24, 75-80.
- Lyttle A.D., Blanksby B.A., Elliott B.C., Lloyd D.G. (1999). Investigating Kinetics in the Freestyle Flip Turn Push-Off. *Journal of Applied Biomechanics*. 15, 242-252.
- Maglischo CW., Maglischo EW., Higgins J., Hinrichs R., Luedtke D., Schleihauf RE., Thayer A. (1988). A biomechanical analysis of the 1984 U.S. Olympic freestyle distance swimmers. In Ungerechts BE, Wilke K., Reischle K. (eds). *Swimming Science V. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers*. 351-359.
- Maglischo, E.W. (1993). *Swimming Even Faster. Mayfield Publishing Company Maintain view Califor.*
- Marchand F. H., Nesi X., Sidney M., Alberty M., Pelayo P. (2005). Is improvement in performance linked to higher stroke length Values in top – level 100–m front crawl swimmer? *Human Movement*, vol.6, (1), 12–18.
- Millet G.P., Vleck V.E. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *Journal of Sports Medicine*. 34, 384-390.

- Millet G. P., Chollet D., Challies S., Chatard J. C., (2002). Coordination in Front  
Craw, in Elite Triathletes and Elite Swimmers. *International Journal of  
Sports Medicine*. 23, 99-104.
- Mosson B. Cossor, J. (2000). What can we learn from competition analysis?  
<http://www.ed.ac.uk/swim/papers2000/mc.htm/>.
- Nuber GW., Jobe FW., Perry J., Moynes DR., Antonelli D. (1986). Fine wire  
electromyography analysis of muscles of the shoulder during swimming.  
*American Journal of Sports Medicine*. 14, 7-11. In Millet G. P., Chollet D.,  
Challies S., Chatard J. C., (2002). Coordination in Front Craw, in Elite  
Triathletes and Elite Swimmers. *International Journal of Sports  
Medicine*. 23, 99-104.
- Ohgi. Yuji. Microcomputer – based Acceleration Sensor Device for Sports  
Biomechanics. Stroke evaluation by Using Swimmer's Wrist Accaleration.  
*Faculty of Environmental Information / Keio Univ. Fujisawa, Kanagawa,  
Japan. ohgi@sfc.keio.ac.jp*.
- Payton C.J., Bartlett R.M. (1995). Estimating propulsive forces in swimming  
from three - dimensional kinematic data. *Journal of sport science*. 13, 447-  
454.
- Payton, C. J. & Lauder, M. A. (1995). The influence of hand paddles on the  
kinematics of front crawl swimming. *Journal of Human Movement  
Studies*, 28, 176–192.
- Pelayo P., Chollet D., Sidney M., Tourny C. (1993). Stroking characteristics in  
free style during elite swimming competition. *Abstract – International  
Society of Biomechanics*.
- Pelayo P., Sidney M., Kherif T., Chollet D., Tourny C. (1996). Stroking  
Characteristics in freestyle swimming and relationships with  
Anthropometric Characteristics. *Journal of applied Biomechanics*. 12, 197  
– 206.
- Potdevin F., Bril B., Sidney M., Pelayo P., (2006). Stroke Frequency and Arm  
Coordination in Front Crawl Swimming. *International Journal of Sports  
Medicine*. 27, 193-198.
- Rouard AH., Billat RP. (1990). Influences of sex and level of performance on  
freestyle stroke: an electromyography and kinematic study. *International  
Journal of Sports Medicine*. 11, 150-155.



- Rouard AH., Schleihaufr RE., Troup JP., (1996). Hand forces and phases in freestyle stroke. In Troup JP., Hollander AP., Strasse D., Trappe SW., Cappaert JM., Trappe TA. (eds). *Swimming Science VII*. London: E & FN Spon, 35-59.
- Schleihaufr, R.E. (1983). Specificity of strength training in swimming: A biomechanical viewpoint. In Hollander, A.P., P.A. Huijing and G. de Groot (Eds). *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Human Kinetics Publishers, Champaign. IL. pp. 184–191.
- Schleihaufr, R.E., Higgins JR., Hinricks R., Luedtke D., Maglischo C., Maglischo EW., Thayer A., Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststroke (1988). In Ungerechts BE, Wilke K. Reischle K. (eds). *Swimming Science V*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, 53-59.
- Seifert L., Chollet C., Effect of Expertise on Arm Co-ordination in Front Crawl (2002). *C.E.T.A.P.S. Laboratory, University of Sports Sciences, Mont-Saint Aignan, France*. 37 -38.
- Seifert, L., Boulesteix L., Chollet D.. Arm coordination of women and men elite swimmers in front crawl. C.E.T.A.P.S., UPRES JE 2318q University of Rouen, Faculty of Sports Sciences, France. Abstracts from the *World Swimming Science Congress 2002*, R – Z.
- Seifert, L., Chollet D., Bardy B. G., (2004). Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. *Journal of Sports Sciences*. 22, 651-660.
- Seifert, L., Boulesteix L., Didier Chollet., (2004). Effect of Gender on the Adaptation of Arm Coordination in Front Crawl. *International Journal of Sports Medicine*. 25, 217-223.
- Seifert, L., Boulesteix L., Carter M., Didier Chollet., (2005). The Spatial – Temporal and Cordinative Structures in Elite Male 100-m Crawl Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 26, 286-293.
- Seifert, L., Chollet D., Allard P., (2005). Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl swimming. *Human Movement Science*. 24, 234-256.

- Sidney, M., Pelayo, P., and Robert, A. (1996). Tethered forces in front crawl stroke and their relationship to anthropometric characteristics and sprint swimming performance. *Journal of Human Movement Studies*, 31, 1-12.
- Sidney M., Paillette S., Hespel JH., Chollet D., Pelayo P. Effect of swim paddles on the intra-cyclic velocity variations and on the arm coordination of front crawl stroke. In *Blackwell JB., Sanders RH (eds).XIX International Symposium on Biomechanics in sports. San Francisco:ISBN, 2001, 39-42.*
- Toussaint, H., Janssen, T., & Kluft, M. (1991). Effect of the propelling surface Size on the mechanics and energetics of the front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*. 24, 205 – 211.
- Toussaint H.M., & Beek, P.J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*. 13, 1, 8–24.
- Toussaint H.M., Roos P. E., Kolmogorov S., (2004). The determination of drag in front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*. 37, 1655-1663.
- Toussaint H.M., Carol A., Kranenborg H., Truijens M. J., (2006). Effect of Fatigue on Stroking Characteristics in an Arms-Only 100-m Front-Crawl Race. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*. 1635-1642.
- Yanai. T., (2001). Rotational effect of buoyancy in front crawl: does it really cause the legs to sink? *Journal of Biomechanics*. 34, 235 – 243.
- Yoshizawa M., Okamoto T., Kumamoto M. (1983). Effects of E.M.G. – Biofeedback Training on Swimming. *International series on biomechanics*. 4B, 828 – 832.