

ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ  
ΜΕ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΑ ΧΕΡΑΚΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ.

του  
Κασιμάτη Παναγιώτη

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβάλλεται  
στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησής 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 «Μεγιστοποίηση της Αθλητικής επίδοσης και απόδοσης».

Κομοτηνή

2007

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

---

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

---

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

---

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



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

Αριθ. Εισ.: 6511/1

Ημερ. Εισ.: 11/06/2009

Δωρεά: \_\_\_\_\_

Ταξιδετικός Κωδικός: Δ

797.210 72

ΚΑΣ



© 2007  
Κασιμάτη Παναγιώτη  
ALL RIGHTS RESERVED

*...στους γονείς μου που με στηρίζουν*

*και*

*με κάνουν καλύτερο άνθρωπο.*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το πρώτο και μεγαλύτερο ευχαριστώ, ανήκει δικαιωματικά στους αγαπημένους μου γονείς. Στη Μάντη και τον Γιώργο που απ' την ημέρα που έφυγα απ' τα Κύθηρα για να σπουδάσω στην μακρινή Κομοτηνή, με στήριξαν και με στηρίζουν με όλες τους τις δυνάμεις και την αγάπη τους. Ευχαριστώ επίσης τα αδέρφια μου Ευαγγελία και Νίκο για την αγάπη και τη συμπαράσταση τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μου, επίκουρο καθηγητή κ. Γούργουλη Βασίλη, ο οποίος με έχει αναλάβει και με καθοδηγεί απ' το προπτυχιακό ακόμη επίπεδο των σπουδών μου. Η συμβουλή του και η βοήθεια του όλα αυτά τα χρόνια στάθηκαν καθοριστικοί παράγοντες τόσο για την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, αλλά και ως εφόδια της υπόλοιπης σταδιοδρομίας μου. Ελπίζω ότι η συνεργασία μας θα συνεχιστεί και μετά την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής.

Στον αδερφικό μου φίλο και συνεργάτη Βέζο Νίκο, ο οποίος ουσιαστικά έστησε την έρευνα στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα διατριβή. Μεγάλο μέρος, λοιπόν αυτής εδώ της δουλειάς οφείλεται σ' αυτόν και δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς τη βοήθεια και την ενεργό συμμετοχή του.

Ευχαριστώ επίσης όλους τους φίλους μου που με παρότρυναν όλα αυτά τα χρόνια και στάθηκαν αρωγοί σ' αυτή την προσπάθεια μου.

Τέλος, δεν μπορώ να μην αναφέρω τη γυναίκα που μπήκε στη ζωή μου και με βοήθησε να δω στη ζωή με διαφορετικά χρώματα, πιο φωτεινά. Ρέα σ' ευχαριστώ πολύ.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παναγιώτης Κασσιμάτης: Διαφοροποίηση του δείκτη συντονισμού κατά την κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια διαφορετικού μεγέθους  
(Υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Γούργουλη Βασιλείου)

Στην αγωνιστική κολύμβηση η επίτευξη υψηλών επιδόσεων καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως το πρότυπο συναρμογής μεταξύ των δύο χεριών και η χρονική αλληλουχία εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια στα πλαίσια ενός κύκλου χεριάς. Για τη μελέτη του τρόπου συναρμογής μεταξύ των δύο χεριών χρησιμοποιείται ο δείκτης συντονισμού (IdC) και για τον υπολογισμό του καταγράφεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης της προωθητικής φάσης του ενός χεριού και της λήξης της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού, εκφραζόμενο ως ποσοστό της συνολικής διάρκειας ενός κύκλου χεριάς. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί η διαφοροποίηση του δείκτη συντονισμού κατά την ελεύθερη κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια διαφορετικού μεγέθους. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβήτριες (ηλικίας:  $18.2 \pm 4.7$  ετών, ύψους:  $1.69 \pm 0.14$  m., μάζας:  $60 \pm 6.27$  kg., επίδοσης στα 100m ελεύθερο:  $63.3 \pm 2.27$  sec.). Κάθε κολυμβήτρια εκτέλεσε με τυχαία σειρά από μία προσπάθεια (25m) με μέγιστη ένταση (100%), χωρίς, με μικρά ( $116 \text{ cm}^2$ ) και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια ( $286 \text{ cm}^2$ ). Για την καταγραφή της υποβρύχιας έλξης των χεριών των κολυμβητριών χρησιμοποιήθηκαν 4 S-VHS μηχανές λήψης (2 Panasonic PV-900 και 2 Panasonic AG-188) με συχνότητα λήψης 60Hz, οι οποίες τοποθετήθηκαν πίσω από ειδικά περισκόπια και για την τρισδιάστατη ανάλυση της κίνησής τους χρησιμοποιήθηκε το Ariel Performance Analysis System. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν παράγοντα. Από τα αποτελέσματα προέκυψαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές όσον αφορά το μήκος χεριάς ( $F_{(2, 18)} = 24,758, p < 0,05$ ) και τη συνολική διάρκεια της έλξης ( $F_{(2, 18)} = 16,451, p < 0,05$ ), που αυξανόταν καθώς αυξανόταν το μέγεθος που είχαν τα κολυμβητικά χεράκια. Αντίθετα, η συχνότητα χεριάς παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση ( $F_{(2, 18)} = 14,724, p < 0,05$ ). Επίσης σημειώθηκε αύξηση της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας, που όμως ήταν στατιστικά σημαντική μόνο κατά την κολύμβηση με

κολυμβητικά χεράκια μεγάλου μεγέθους ( $F_{(2,18)}= 4,863, p<0,05$ ), ενώ δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση του δείκτη συντονισμού της χεριάς (IdC) ( $F_{(2, 18)}= 0,112, p=0,895$ ). Συνεπώς κατά την κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια του συγκεκριμένου μεγέθους δεν διαφοροποιείται ο τρόπος συναρμογής μεταξύ των δύο χεριών και η χρονική αλληλουχία εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων, ενώ η μεταβολές στο μήκος, τη συχνότητα και τη μέση κολυμβητική ταχύτητα ενδεχομένως να οφείλονται στην αύξηση της προωθητικής επιφάνειας του χεριού της κάθε κολυμβήτριας.

Λέξεις-Κλειδιά: Ελεύθερη κολύμβηση, κολυμβητικά χεράκια, τρισδιάστατη κινηματική ανάλυση, δείκτης συντονισμού χεριών.

## ABSTRACT

Panagiotis Kasimatis: Effect of swimming paddles on the arm coordination of front crawl stroke

(Under the supervision of Assistant Professor Gourgoulis Vasilios)

In competitive swimming many parameters determine best performance achievement, like arms coordination pattern and the time sequence of propulsive forces during an arm stroke. For studying this pattern an index of coordination (IdC) is been used and in order to calculate this index, the time-gap (lag-time) between the beginning of the propulsive phase of one hand and the end of the propulsive phase of the other hand, expressed as a percent of total stroke duration, is been taken. The purpose of this research was to study the effect of different size swimming paddles on the arm coordination of front crawl stroke. Ten female freestyle swimmers, (age:  $18,2 \pm 4,7$  years, height:  $1,73 \pm 3,8$  cm., weight:  $60 \pm 6,3$  kg., 100m free style personal record:  $63,3 \pm 2,27$  sec.), were participated in this research. Every swimmer swam, in random order, a given distance (25m) with maximum effort (100%) without swimming paddles, with small ( $116\text{cm}^2$ ) and big ( $286\text{cm}^2$ ) swimming paddles. The underwater pull of both hands was recorded using 4 S-VHS camcorders (2 Panasonic PV-900 and 2 Panasonic AG-188) operating at 60frames/sec, placed behind modified periscopes. Ariel Performance Analysis System was used for 3-Dimensional analysis. One Way Analysis of variance (ANOVA) for repeated measures was used to analyze data. The results pointed significant changes for stroke length ( $F_{(2, 18)} = 24,758$ ,  $p < 0,05$ ), for total pull time ( $F_{(2, 18)} = 18,133$ ,  $p < 0,05$ ) as swimming paddles size was increased. In addition significant decrease of stroke rate ( $F_{(2, 18)} = 14,724$ ,  $p < 0,05$ ) was observed. Furthermore an increase in average swimming velocity was observed but that increase was significant only for the swimming with big size swimming paddles ( $F_{(2, 18)} = 4,863$ ,  $p < 0,05$ ) and no significant changes were observed in index of arm coordination (IdC) ( $F_{(2, 18)} = 0,112$ ,  $p = 0,895$ ). As a conclusion, swimming with the particular size swimming paddles does not modify the arm coordination pattern and the time sequence of propulsive forces application. However the changes in stroke length, stroke rate and



average swimming velocity probable caused by the increase of swimmer's hand propulsive surface.

**Key–Words:** Front crawl swimming, hand paddles, three-dimensional kinematic analysis, index of coordination.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	i
ABSTRACT .....	iii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	ix
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
Ερευνητικές Υποθέσεις .....	4
Στατιστικές Υποθέσεις .....	5
Περιορισμοί Έρευνας .....	8
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	9
Μυϊκή δύναμη στην κολύμβηση.....	9
Συγχρονισμός των χεριών και αλληλουχία εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων .....	12
Δείκτης συντονισμού χεριάς .....	14
Παράγοντες που επηρεάζουν τον δείκτη συντονισμού .....	18
Συχνότητα χεριάς και επίπεδο κολυμβητών .....	18
Κολυμβητική ταχύτητα.....	21
Φύλο και δείκτης συντονισμού .....	23
Κολυμβητικά χεράκια .....	27

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	29
Δείγμα .....	29
Περιγραφή συνθηκών και οργάνων μέτρησης .....	29
Διαδικασία Μέτρησης .....	32
Σχεδιασμός της έρευνας .....	36
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	37
Μέσο Μήκος Χεριάς .....	37
Συχνότητα Χεριάς .....	38
Μέση κολυμβητική ταχύτητα .....	39
Μέση διάρκεια συνολικής έλξης .....	40
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια γλιστρήματος .....	41
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια έλξης .....	43
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια ώθησης .....	45
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	47
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια επαναφοράς .....	49
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	51
Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	53
Δείκτης συντονισμού χεριάς .....	55

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
Μήκος χεριάς και συχνότητα χεριάς .....	57
Χρονική διάρκεια των επιμέρους φάσεων .....	59
Δείκτης συντονισμού χεριάς .....	63
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μέσο Μήκος Χεριάς .....	37
Πίνακας 2. Συχνότητα Χεριάς .....	38
Πίνακας 3. Μέση κολυμβητική ταχύτητα .....	39
Πίνακας 4. Μέση συνολική διάρκεια χεριάς .....	39
Πίνακας 5. Μέση απόλυτη διάρκεια γλιστρήματος .....	41
Πίνακας 6. Μέση Σχετική διάρκεια γλιστρήματος .....	42
Πίνακας 7. Μέση απόλυτη διάρκεια έλξης .....	43
Πίνακας 8. Μέση σχετική διάρκεια έλξης .....	44
Πίνακας 9. Μέση απόλυτη διάρκεια ώθησης .....	45
Πίνακας 10. Μέση σχετική διάρκεια ώθησης .....	46
Πίνακας 11. Μέση απόλυτη διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	47
Πίνακας 12. Μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	48
Πίνακας 13. Μέση απόλυτη διάρκεια επαναφοράς .....	49
Πίνακας 14. Μέση σχετική διάρκεια επαναφοράς .....	50
Πίνακας 15. Μέση απόλυτη διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	51
Πίνακας 16. Μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	52
Πίνακας 17. Μέση απόλυτη διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	53
Πίνακας 18. Μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	54
Πίνακας 19. Δείκτης συντονισμού χεριών .....	55

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μέσο Μήκος Χεριάς .....	37
Πίνακας 2. Συχνότητα Χεριάς .....	38
Πίνακας 3. Μέση κολυμβητική ταχύτητα .....	39
Πίνακας 4. Μέση συνολική διάρκεια χεριάς .....	39
Πίνακας 5. Μέση απόλυτη διάρκεια γλιστρήματος .....	41
Πίνακας 6. Μέση Σχετική διάρκεια γλιστρήματος .....	42
Πίνακας 7. Μέση απόλυτη διάρκεια έλξης .....	43
Πίνακας 8. Μέση σχετική διάρκεια έλξης .....	44
Πίνακας 9. Μέση απόλυτη διάρκεια ώθησης .....	45
Πίνακας 10. Μέση σχετική διάρκεια ώθησης .....	46
Πίνακας 11. Μέση απόλυτη διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	47
Πίνακας 12. Μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	48
Πίνακας 13. Μέση απόλυτη διάρκεια επαναφοράς .....	49
Πίνακας 14. Μέση σχετική διάρκεια επαναφοράς .....	50
Πίνακας 15. Μέση απόλυτη διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	51
Πίνακας 16. Μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	52
Πίνακας 17. Μέση απόλυτη διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	53
Πίνακας 18. Μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	54
Πίνακας 19. Δείκτης συντονισμού χεριών .....	55



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Επιμέρους φάσεις χεριάς .....	15
Σχήμα 2. Μοντέλο του πασίματος (catch-up) .....	15
Σχήμα 3. Μοντέλο της αντίθεσης (opposition) .....	16
Σχήμα 4. Μοντέλο της υπέρθεσης (superposition) .....	16
Σχήμα 5. Κολυμβητικά χεράκια μικρού και μεγάλου μεγέθους .....	30
Σχήμα 6. Περισκόπιο και καταγραφή της κίνησης .....	30
Σχήμα 7. Διαδικασία μέτρησης .....	31
Σχήμα 8. Κύβος Διαβάθμισης .....	32
Σχήμα 9. Υποβρύχιες φάσεις της κίνησης του χεριού (πλάγια όψη) .....	33
Σχήμα 10. Υποβρύχιες φάσεις της κίνησης του χεριού (οπίσθια όψη).....	33
Σχήμα 11. Μέσο Μήκος Χεριάς .....	37
Σχήμα 12. Συχνότητα Χεριάς .....	38
Σχήμα 13. Μέση κολυμβητική ταχύτητα .....	39
Σχήμα 14. Μέση διάρκεια συνολικής έλξης .....	40
Σχήμα 15. Μέση απόλυτη διάρκεια γλιστρήματος .....	41
Σχήμα 16. Μέση σχετική διάρκεια γλιστρήματος .....	42
Σχήμα 17. Μέση απόλυτη διάρκεια έλξης .....	43
Σχήμα 18. Μέση σχετική διάρκεια έλξης .....	44
Σχήμα 19. Μέση απόλυτη διάρκεια ώθησης .....	45
Σχήμα 20. Μέση σχετική διάρκεια ώθησης .....	46
Σχήμα 21. Μέση απόλυτη διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	47
Σχήμα 22. Μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης .....	48
Σχήμα 23. Μέση απόλυτη διάρκεια επαναφοράς .....	49
Σχήμα 24. Μέση σχετική διάρκεια επαναφοράς .....	50

Σχήμα 25. Μέση απόλυτη διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	51
Σχήμα 26. Μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης .....	52
Σχήμα 27. Μέση απόλυτη διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	53
Σχήμα 28. Μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης .....	54
Σχήμα 29. Δείκτης συντονισμού χεριάς .....	55
Σχήμα 30. Επιμέρους φάσεις κύκλου χεριάς .....	59



## ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΜΕ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΑ ΧΕΡΑΚΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ.

Εκτός από το πρόσθιο στυλ κολύμβησης, στα τρία άλλα στυλ (ελεύθερο, ύπτιο, πεταλούδα), οι προωθητικές δυνάμεις παράγονται κυρίως από τα χέρια. Για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων είναι σημαντικό να γίνει μια ποσοτική αξιολόγηση της κίνησης των χεριών ενός κολυμβητή κατά τη διάρκεια της χεριάς.

Η κολύμβηση είναι εν-γέννη ρυθμική δεξιότητα, στην οποία η σταθερότητα ή η μεταβολές του προτύπου συγχρονισμού μεταξύ των χεριών και των ποδιών προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των μηχανικών ιδιοτήτων του νερού και των δυνάμεων που ασκούνται από τον κολυμβητή. Οι κίνηση του ενός χεριού συνδέεται προσωρινά με την κίνηση του άλλου χεριού, είτε στην ίδια φάση (πρόσθιο και πεταλούδα), είτε σε αντίθετες φάσεις (ελεύθερο και ύπτιο) (Handford et al., 1997).

Στη βιβλιογραφία έχουν περιγραφεί τρία μοντέλα συγχρονισμού των χεριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση: το μοντέλο του «πιασίματος» (catch-up), που χαρακτηρίζεται από μια χρονική καθυστέρηση (lag-time) μεταξύ της εφαρμογής των προωθητικών φάσεων από τα δύο χέρια, το μοντέλο της «αντίθεσης» (opposition), στο οποίο η προωθητική φάση του ενός χεριού αρχίζει μόλις τελειώνει η προωθητική φάση του άλλου και το μοντέλο της «υπέρθεσης» (superposition), όπου επικαλύπτονται για ένα χρονικό διάστημα οι προωθητικές φάσεις των δύο χεριών (Chollet et al., 2000; Costill et al., 1992).

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 την 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», 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.

Οι περισσότεροι κολυμβητές για να αυξήσουν τη δύναμη τους, καταφεύγουν στην εφαρμογή μορφών προπόνησης με αντιστάσεις (Maglischo, 2003; Maglischo, 1987; Payton & Lauder, 1995). Κατά την εκτέλεση ασκήσεων δύναμης έξω από το νερό είναι δύσκολο όμως να εφαρμοστεί το πρότυπο της κίνησης των διαφόρων κολυμβητικών στυλ (Schleihauf, 1983) και κατά συνέπεια, το προπονητικό αποτέλεσμα μπορεί να μεταφερθεί μόνο εν μέρει στη συγκεκριμένη αγωνιστική δεξιότητα (Toussaint & Beek, 1992). Σύμφωνα άλλωστε με τον Maglischo (1987), η ανάπτυξη της εξειδικευμένης δύναμης στη προπόνηση αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε οποιοδήποτε πρόγραμμα ανάπτυξης δύναμης ή ισχύος (Huijing, Hollander & Groot, 1983; Schleihauf, 1983), όπου το κινητικό πρότυπο των ασκήσεων δύναμης θα πρέπει να πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο τη συγκεκριμένη αγωνιστική δεξιότητα (Canavan, Garrett & Armstrong, 1996; Costill et al. 1980; Huijing et al. 1983; Maglischo, 1987; Schleihauf, Gray & DeRose, 1983). Οι ασκήσεις με αντιστάσεις που «μοιάζουν περισσότερο», με το πρότυπο της κίνησης και εξασκούν τις κατάλληλες μυϊκές ομάδες, είναι και οι πιο αποτελεσματικές.

Η προπόνηση αντίστασης με κολυμβητικά χεράκια είναι μια ιδιαίτερα «δημοφιλής» μέθοδος που φαίνεται να περιλαμβάνει το πρότυπο της έλξης που παρατηρείται στην ελεύθερη κολύμβηση (Payton & Lauder, 1995). Εάν χρησιμοποιούνται κατάλληλα, η χρήση τους συμβάλλει ουσιαστικά στη νευρομυϊκή προσαρμογή του κολυμβητή (Maglischo, 2003), κυρίως λόγω της αύξησης της επιφάνειας του χεριού (Maglischo, 1993). Εξαιτίας της μεγαλύτερης προωθητικής επιφάνειας αυξάνεται και η αντίσταση του νερού που πρέπει να υπερνικήσει ο κολυμβητής, με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της δύναμης των άνω άκρων του, τη βελτίωση του μήκους της χεριάς του, καθώς και την αύξηση της κολυμβητικής του ταχύτητας (Payton & Lauder, 1995).

Το ερώτημα που τίθεται ωστόσο είναι κατά πόσο μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά της έλξης των κολυμβητών χρησιμοποιώντας 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 του σώματος, η σχέση μήκους και συχνότητας χεριάς, η ενεργητική αντίσταση, οι δυνάμεις προώθησης κλπ.

Στόχος λοιπόν της παρούσας έρευνας, ήταν να μελετηθεί, κατά πόσο διαφοροποιείται ο δείκτης συντονισμού των χεριών στην ελεύθερη κολύμβηση με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια.

### *Ερευνητικές Υποθέσεις*

Η βασική ερευνητική υπόθεση της παρούσας μελέτης ήταν ότι με την κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια, διαφοροποιούνται τα κινηματικά χαρακτηριστικά της υποβρύχιας έλξης του χεριού. Ταυτόχρονα, μεταβάλλονται η μέση κολυμβητική ταχύτητα, οι χρονικές παράμετροι και η συχνότητα χεριάς, καθώς και ο δείκτης συντονισμού της χεριάς κατά την κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια διαφορετικού μεγέθους.

## *Στατιστικές Υποθέσεις*

1. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο μήκος χεριάς μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
2. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συχνότητα χεριάς μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
3. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση κολυμβητική ταχύτητα (ισχύου) κατά την υποβρύχια έλξη του χεριού από την είσοδο του έως την έξοδο του από το νερό μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
4. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση συνολική διάρκεια της έλξης του χεριού (της χρονικής διάρκειας δηλαδή, που μεσολαβούσε από την είσοδο του χεριού στο νερό έως την είσοδο του και πάλι στο νερό) μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
5. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια της μετατόπισης του χεριού κατά την πρώτη φάση του γλιστρήματος (από την είσοδο του χεριού στο νερό έως τη μέγιστη μετατόπιση του στον επιμήκη άξονα Y) μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
6. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της υποβρύχιας έλξης του χεριού) της πρώτης φάσης του γλιστρήματος (από την είσοδο του χεριού στο νερό έως την μέγιστη μετατόπιση του στον επιμήκη άξονα Y), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
7. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια της μετατόπισης του χεριού κατά τη φάση της έλξης (από τη μέγιστη μετατόπιση του στον επιμήκη άξονα Y – ολοκλήρωση γλιστρήματος, έως το σημείο «ταύτισης» με την άρθρωση του ώμου στον κατακόρυφο άξονα Z), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).
8. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της υποβρύχιας έλξης του χεριού) της φάσης της έλξης (από τη μέγιστη μετατόπιση του στον επιμήκη άξονα Y –

ολοκλήρωση γλιστρήματος, έως το σημείο «ταύτισης» με την άρθρωση του ώμου στον κατακόρυφο άξονα Z), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

9. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια της μετατόπισης του χεριού κατά τη φάση της ώθησης (από το σημείο «ταύτισης» του χεριού με την άρθρωση του ώμου στον κατακόρυφο άξονα Z, έως την έξοδο του χεριού από το νερό), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

10. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της υποβρύχιας έλξης του χεριού) της φάσης της ώθησης (από το σημείο «ταύτισης» του χεριού με την άρθρωση του ώμου στον κατακόρυφο άξονα Z, έως την έξοδο του χεριού από το νερό), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

11. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση συνολική διάρκεια της μετατόπισης του χεριού κατά την υποβρύχια έλξη (της χρονικής διάρκειας δηλαδή, που μεσολαβούσε από την είσοδο του χεριού στο νερό έως την έξοδο του από το νερό), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

12. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική συνολική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς) της μετατόπισης του χεριού κατά την υποβρύχια έλξη (της χρονικής διάρκειας δηλαδή, που μεσολαβούσε από την είσοδο του χεριού στο νερό έως την έξοδο του από το νερό), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

13. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια επαναφοράς του χεριού έξω από το νερό (μετά την ολοκλήρωση της υποβρύχιας έλξης και την έξοδο του χεριού από το νερό έως την επόμενη είσοδό του), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

14. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς) επαναφοράς του χεριού έξω από το νερό (μετά την ολοκλήρωση της υποβρύχιας έλξης και την έξοδο του χεριού από το νερό έως την επόμενη είσοδό του), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

15. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια της μετατόπισης του χεριού κατά την προωθητική φάση (αθροιστικά η διάρκεια

της φάσης της έλξης και της ώθησης), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

16. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς) της προωθητικής φάσης (αθροιστικά η διάρκεια της φάσης της έλξης και της ώθησης), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

17. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια της μετατόπισης του χεριού κατά τις μη προωθητικές φάσεις (γλίστρημα και επαναφορά του χεριού), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

18. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση σχετική διάρκεια (ποσοστιαία ως προς τη συνολική διάρκεια της χεριάς) των μη προωθητικών φάσεων (αθροιστικά η διάρκεια του γλιστρήματος και επαναφοράς του χεριού), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).

19. Μηδενική Υπόθεση: δεν θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο δείκτη συντονισμού των χεριών (IdC), μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια).



### *Περιορισμοί έρευνας*

Κατά τη διάρκεια της έρευνας υπήρξαν κάποιοι περιοριστικοί παράγοντες, κυρίως ως προς την επιλογή του δείγματος. Συγκεκριμένα, για πρακτικούς λόγους οι κολυμβήτριες που έλαβαν μέρος στην έρευνα ήταν υψηλού επιπέδου για τη χώρα μας, μέσου όμως επιπέδου για την παγκόσμια κολύμβηση, (πρακτικός λόγος: η έρευνα υλοποιήθηκε στο Πανεπιστημιακό κολυμβητήριο της Κομοτηνής και δεν υπήρχε η δυνατότητα να λάβει μέρος στη διεξαγωγή της, η ελίτ της Ελληνικής κολύμβησης, π.χ. η Εθνική ομάδα)



## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### *Μυϊκή δύναμη στην κολύμβηση*

Στην αγωνιστική κολύμβηση η μυϊκή δύναμη και ο χρόνος εφαρμογής της (ισχύς) αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες της επίδοσης. Στις μικρές αποστάσεις (50m-100m) απαιτείται υψηλό επίπεδο δύναμης και ισχύος, ενώ στις μεγαλύτερες αποστάσεις η δύναμη συνδυάζεται με τον παράγοντα της αντοχής (Juba, 1988). Η ισχύς στην κολύμβηση μπορεί να οριστεί ως το ποσό της δύναμης που μπορεί να εφαρμοστεί μέσα σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα, κατά τη διάρκεια μιας χεριάς, από τον κολυμβητή. Η ισχύς ως δείκτης απόδοσης έχει σημασία στις εκκινήσεις και στις στροφές, αλλά αποτελεί όπως προαναφέρθηκε καθοριστικό παράγοντα επίδοσης και στις μικρές αποστάσεις (Γιάτσης, 1983). Σε μια προσπάθεια 25m ο μόνος παράγοντας που καθορίζει την επίδοση είναι η μέγιστη μυϊκή ισχύς, ενώ στην αγωνιστική απόσταση των 100m σημαντικό ρόλο παίζει και το χρονικό διάστημα στο οποίο ο κολυμβητής είναι ικανός να διατηρήσει την μυϊκή ισχύ του σε υψηλά επίπεδα, αλλά και πόσο αποτελεσματικά εφαρμόζεται αυτή κατά τη διάρκεια του αγώνισματος. Στα αγωνίσματα μεγαλύτερων αποστάσεων, στα οποία όπως τονίστηκε αρχικά η μυϊκή ισχύς παίζει λιγότερο σημαντικό ρόλο, πρωταγωνιστικό ρόλο παίζουν η βελτίωση και η καλύτερη χρησιμοποίηση των ενεργειακών αποθεμάτων του κολυμβητή (Αυλωνίτη, 2000).

Η μυϊκή ισχύς ενός κολυμβητή σχετίζεται άμεσα με το πόσο αποδοτική είναι η τεχνική την οποία χρησιμοποιεί και κατ' επέκταση με την επίδοσή του. Στους πρωταθλητές διακρίνονται τιμές ισχύος μεταξύ 400-600Watts (Sharp, 1983). Αθλητές με μυϊκή ισχύ μικρότερη των 100Watts στερούνται ουσιαστικής δύναμης για να αναπτύξουν την κατάλληλη τεχνική. Έτσι οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου που έχουν μεγαλύτερη μυϊκή δύναμη, φαίνεται να έχουν αποτελεσματικότερη εφαρμογή της μέσα στο νερό, ωθώντας μεγαλύτερες μάζες νερού σε συντομότερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με τους χαμηλότερου επιπέδου κολυμβητές (Αυλωνίτη, 2000; Costill, 1992). Σύμφωνα με τον Troup (1983) οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές μπορούν να κολυμπήσουν εφαρμόζοντας το 85% της μέγιστης μυϊκής τους ισχύος, ενώ οι μέτριοι κολυμβητές κολυμπούν με το 70% της μέγιστης ισχύος τους (χρόνος εφαρμογής της δύναμης μέσα στο νερό). Αυτός είναι και

ο λόγος, της διαφοράς που παρατηρείται στις επιδόσεις κολυμβητών υψηλού επιπέδου, οι οποίοι έχουν ίδια μυϊκή δύναμη και παρόμοια τεχνική. Ο καλύτερος κολυμβητής μπορεί να εφαρμόζει υψηλή μυϊκή ισχύ για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Lander, 1985).

Η ενεργειακή δαπάνη, είναι ένας παράγοντας που διαφοροποιείται ανάλογα με το κολυμβητικό στυλ. Έτσι το στυλ της πεταλούδας είναι ενεργειακά το πιο δαπανηρό, ενώ αυτό του ελεύθερου είναι το ενεργειακά λιγότερο δαπανηρό. Ωστόσο η μυϊκή ισχύς για κάθε αγωνιστικό στυλ κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης κολυμβητικής περιόδου δεν διαφέρει μεταξύ του ελεύθερου, του ύπτιου και της πεταλούδας, παρά τις διαφορές στην επίδοση στο κάθε στυλ. Στο στυλ του προσθίου ο κολυμβητής απαιτείται να εφαρμόσει μεγαλύτερη ισχύ, συγκριτικά με τα άλλα τρία, ενώ είναι πιο αργό από πλευρά επίδοσης (Holmer, 1974). Άρα οι διαφορές στις επιδόσεις ανάμεσα στα κολυμβητικά στυλ, δείχνουν να οφείλονται σε βιομηχανικούς παράγοντες (τεχνική των στυλ), βάσει των οποίων καθορίζεται ο τρόπος εφαρμογής της μυϊκής ισχύος του κολυμβητή στο νερό, ενώ η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της ισχύος είναι αυτή που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την επίδοση. Έτσι η προπόνηση δύναμης, του κάθε κολυμβητή δεν απαιτεί διαφορετική προπονητική μέθοδο, ανάλογα με το κολυμβητικό στυλ, εφόσον εφαρμόζονται οι βασικές αρχές της προπόνησης και δίνεται περισσότερο έμφαση στην τεχνική του στυλ μέσα στο νερό (Troup, 1984).

Η δύναμη σε όλα τα αθλήματα γενικά, αλλά και στην κολύμβηση που μας ενδιαφέρει, διακρίνεται σε γενική και ειδική δύναμη. Η γενική δύναμη έχει σχέση με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε κολυμβητή και διακρίνεται σε μέγιστη, υπομέγιστη και χαμηλή. Ως ειδική δύναμη στην κολύμβηση μπορεί να χαρακτηριστεί αυτή που εφαρμόζεται από τα διάφορα μέλη του σώματος (χέρια, πόδια) που λαμβάνουν μέρος στην προώθηση του κολυμβητή (Γιάτσης, 1983).

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προπόνησης και ανάπτυξης της δύναμης τόσο με εναλλαγές και προσαρμογές της κολυμβητικής ταχύτητας μέσα στο νερό, όσο και έξω απ' το νερό με όργανα με σταθερή αντίσταση (ελεύθερα βάρη, universal), ισοκινητικά και ημισοκινητικά όργανα (mini gym, κολυμβητικοί πάγκοι), στα οποία η αντίσταση ποικίλει. Δύναμη σε υψηλές, γρήγορες ταχύτητες απαιτείται για την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος (κολυμβητικός πάγκος), ενώ ελεύθερα βάρη με υψηλές αντιστάσεις θα βελτιώσουν την μυϊκή συναρμογή, δηλαδή την ενεργοποίηση περισσότερων μυϊκών ινών, τόσο ταχέως όσο και βραδείας συστολής (Αυλωνίτη, 2000; Maglisco, 2003).

Καταλήγοντας μπορεί να διατυπωθεί πως πολλά είναι τα προπονητικά μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρωματικά στην προπόνηση των κολυμβητών και τα οποία στοχεύουν στην βελτίωση της επίδοσης τους. Προσφέρουν μια ποικιλία στην κολυμβητική προπόνηση η οποία σπάει την μονοτονία, βοηθούν στην εκμάθηση της σωστής τεχνικής και μεγιστοποιούν την αποτελεσματικότητα της προπόνησης (Hannula, 2003). Επιγραμματικά μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω προπονητικά βοηθήματα:

- Κολυμβητικά χεράκια,
- Κολυμβητικά πέδιλα,
- Λάστιχα,
- Καθρέφτες,
- Σανίδες,
- Pull-buoys,
- Αλεξίπτωτα και κουβάδες,
- Ζώνες για προσδεμένη κολύμβηση,
- Ζώνες με βάρη,
- Κολύμβηση με ρούχα.

Το ερώτημα που προκύπτει τώρα, απ' τη χρήση των βοηθημάτων αυτών στην προπόνηση, είναι το πώς επιδρούν στα χαρακτηριστικά της έλξης του κάθε κολυμβητή και κατά πόσο τα διαφοροποιούν τελικά ή όχι.

### *Συγχρονισμός χεριών και αλληλουχία εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων στην ελεύθερη κολύμβηση.*

Ο συγχρονισμός των χεριών και η αλληλουχία εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων, καθώς και η διάρκεια εφαρμογής τους αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες στην βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της κολύμβησης και κατ' επέκταση στην καλύτερη επίδοση. Με τον όρο συγχρονισμός, γίνεται αναφορά στον τρόπο οργάνωσης και τον τρόπο ελέγχου των κινήσεων των μελών του σώματος οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν και ίσως να καθορίσουν πολλές παραμέτρους της τεχνικής του κολυμβητή, π.χ. τη θέση του σώματος, την σχέση μήκους και συχνότητας της χεριάς, την εφαρμοζόμενη προωθητική δύναμη κ.α.

Για να μελετηθεί ο συντονισμός των χεριών και η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων κατά την ελεύθερη κολύμβηση, αρχικά γίνεται διαχωρισμός των φάσεων της χεριάς, των προωθητικών και μη προωθητικών φάσεων. Ύστερα από ανάλυση της μηχανικής της κίνησης των χεριών στο ελεύθερο στυλ απ' τον Vaday (1971), κάθε κύκλος χεριάς διαχωρίζεται σε τέσσερις φάσεις:

1<sup>η</sup> φάση: Είσοδος και γλίστρημα. Η φάση αυτή ξεκινάει τη χρονική στιγμή εισόδου του χεριού στο νερό και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή που παρουσιάζεται η μέγιστη μετατόπιση στον επιμήκη άξονα της κίνησης και αρχίζει η προς τα πίσω κίνηση του χεριού.

2<sup>η</sup> φάση: Έλξη. Η αρχή της φάσης καθορίζεται απ' τη χρονική στιγμή έναρξης της προς τα πίσω κίνησης του χεριού στο νερό και ολοκληρώνεται όταν το χέρι φτάσει στο επίπεδο του ώμου, ταυτίζεται δηλαδή με την άρθρωση του ώμου στον επιμήκη άξονα της κίνησης. Η φάση της έλξης ορίζει και την έναρξη της προωθητικής φάσης της χεριάς.

3<sup>η</sup> φάση: Ωθηση. Ξεκινάει με τη χρονική στιγμή ταύτισης του χεριού με την άρθρωση του ώμου στον επιμήκη άξονα της κίνησης και ολοκληρώνεται με την έξοδο του χεριού απ' το νερό. Το τέλος της φάσης σηματοδοτεί και το τέλος της προωθητικής φάσης της χεριάς.

4<sup>η</sup> φάση: Επαναφορά. Ορίζεται ως η φάση απ' τη χρονική στιγμή της εξόδου του χεριού απ' το νερό, ως τη στιγμή που το χέρι ξαναμπαίνει στο νερό.

Η φάση της έλξης και η φάση της ώθησης, όπως αναφέρθηκε, αποτελούν τις προωθητικές φάσεις της χεριάς. Σ' αυτές τις φάσεις δηλαδή αναπτύσσονται οι

προωθητικές δυνάμεις από τα χέρια. Αντίθετα οι φάσεις της εισόδου και της επαναφοράς είναι μη προωθητικές.

### *Δείκτης συντονισμού χεριάς*

Οι αλλαγές στο πρότυπο συντονισμού, συνήθως παρουσιάζονται με τη μορφή μη ισορροπημένων μεταβάσεων απ' τη μια φάση της χεριάς στην άλλη, ακολουθώντας την αποσταθεροποίηση του προηγούμενου σταθερού προτύπου (Seifert et al., 2004). Γενικότερα μη γραμμικότητες σημειώνονται στη διαφοροποίηση των προτύπων συντονισμού και στη μετάβαση απ' το ένα στο άλλο, όταν μη συγκεκριμένοι παράμετροι ελέγχου αλλάζουν συνεχώς, όπως παρατηρείται στα πρότυπα κίνησης πολλών περίπλοκων δεξιοτήτων.

Η κολύμβηση, όπως έχει ειπωθεί, είναι μια εγγενή ρυθμική δεξιότητα στην οποία η σταθερότητα ή οι μεταβολές του προτύπου συντονισμού μεταξύ των χεριών και των ποδιών προκύπτουν απ' την αλληλεπίδραση μεταξύ των μηχανικών ιδιοτήτων του νερού και των εσωτερικών δυνάμεων στο σώμα του κολυμβητή. Οι κινήσεις στην κολύμβηση είναι είτε σύγχρονες (πρόσθιο, πεταλούδα), είτε εναλλασσόμενες (ελεύθερο, ύπτιο) (Handford et al., 1997).

Στην βιβλιογραφία έχουν περιγραφεί τρεις τύποι συγχρονισμού των χεριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση (Costill et al., 1992; Maglisco, 1993). Πρώτο, το μοντέλο της αντίθεσης (opposition) το οποίο περιγράφει μια σειρά προωθητικών κινήσεων κατά τις οποίες για το ένα χέρι αρχίζει η φάση της έλξης όταν για το άλλο χέρι τελειώνει η φάση της ώθησης. Δεύτερο, το μοντέλο του πιασίματος (catch up) κατά το οποίο παρουσιάζεται ένα χρονικό κενό μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Γενικά, αυτό το χρονικό κενό οφείλεται στη φάση του γλιστρήματος γιατί, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα, η διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος μειώνεται ενώ η διάρκεια των φάσεων της έλξης και της ώθησης αυξάνονται και η διάρκεια της φάσης της επαναφοράς παραμένει σταθερή (; Chollet et al., 2000; Keskinen and Komi, 1993; Toussaint and Beek, 1992). Τρίτο, αναφέρεται το μοντέλο της υπέρθεσης (superposition) στο οποίο παρατηρείται επικάλυψη, για μικρό ή πιο μεγάλο χρονικό διάστημα, των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chatard et al., 1990).

Πρόσφατα ο Chollet et al. (2000) ανέπτυξε ένα νέο δείκτη για τον συντονισμό των χεριών, ο οποίος περιγράφει τις αλλαγές στις φάσεις της χεριάς, ποσοτικοποιώντας με ακρίβεια τον τρόπο συντονισμού των χεριών, καταφέροντας μ' αυτό τον τρόπο να δημιουργήσει ένα δείκτη για την τεχνική του κολυμβητή στο κάθε στυλ κολύμβησης. Επειδή πλέον μπορεί να καθοριστεί και να μετρηθεί με ακρίβεια το χρονικό διάστημα που



μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης των προωθητικών φάσεων του ενός χεριού και του λήξης των προωθητικών φάσεων του άλλου, μπορούν να διαπιστωθούν με ακρίβεια αλλαγές στην οργάνωση των φάσεων της χεριάς (Chollet et al., 2000).

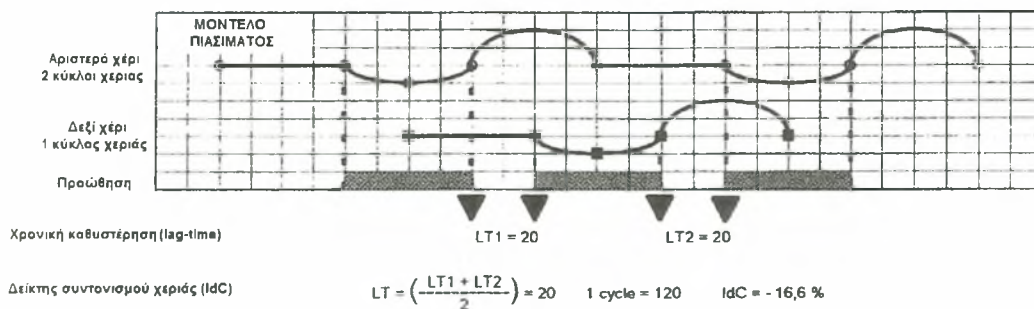
Ο δείκτης συντονισμού (Index of Coordination - IdC) αποτελεί έναν τρόπο ποσοτικοποίησης του προτύπου συντονισμού μεταξύ των δύο χεριών (Chollet, Chabies & Chatard, 2000). Ανάλογα με το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Σχήμα 1),



- A : Μη-προωθητική υποβρύχια φάση: ΕΙΣΟΔΟΣ ΓΛΙΣΤΡΗΜΑ
- B : Προωθητική υποβρύχια φάση: ΕΛΞΗ
- Γ : Προωθητική υποβρύχια φάση: ΩΘΗΣΗ
- Δ : Μη-προωθητική εναέρια φάση: ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ

Σχήμα 1: Επιμέρους φάσεις της χεριάς στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης περιγράφονται τρία μοντέλα συγχρονισμού των χεριών:

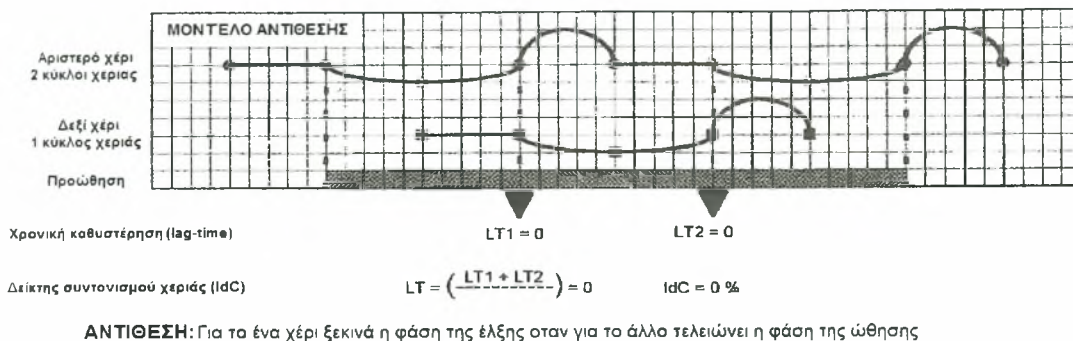
1. Το μοντέλο του πιασίματος (catch-up) (Σχήμα 2), όπου σημειώνεται μια χρονική καθυστέρηση (lag-time) μεταξύ της εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Στο συγκεκριμένο μοντέλο ο δείκτης συντονισμού λαμβάνει αρνητικές τιμές ( $IdC < 0$ ) και η έναρξη της έλξης του ενός χεριού αρχίζει αφού έχει ολοκληρωθεί η φάση ώθησης του άλλου χεριού.



ΠΙΑΣΙΜΟ: Υπάρχει χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στις προωθητικές φάσεις των χεριών

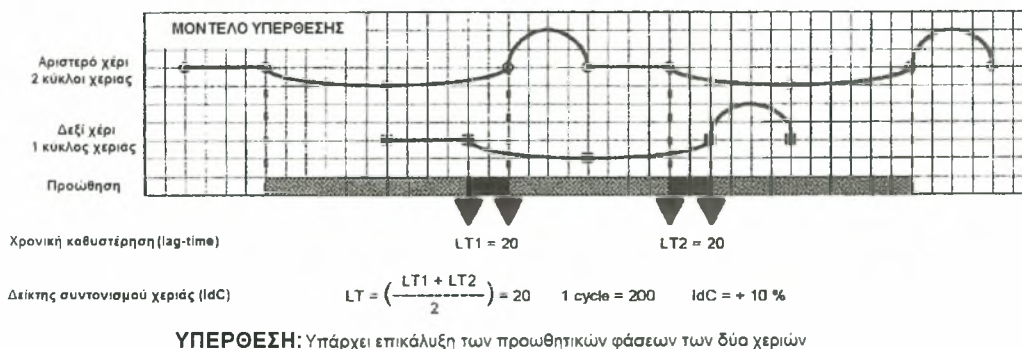
Σχήμα 2: Μοντέλο πιασίματος

2. Το μοντέλο της αντίθεσης (opposition) (Σχήμα 3), στο οποίο δεν υπάρχει χρονική καθυστέρηση (lag-time) μεταξύ της εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια και η προωθητική φάση του ενός χεριού (έλξη) ξεκινάει τη χρονική στιγμή που τελειώνει η προωθητική του άλλου χεριού (ώθηση). Στο συγκεκριμένο μοντέλο ο δείκτης συντονισμού λαμβάνει μηδενικές τιμές ( $IdC = 0$ )



Σχήμα 3: Μοντέλο αντίθεσης

3. Το μοντέλο της υπέρθεσης (superposition) (Σχήμα 4), στο οποίο σημειώνεται επικάλυψη των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Στο συγκεκριμένο μοντέλο ο δείκτης συντονισμού λαμβάνει θετικές τιμές ( $IdC > 0$ ) και η έναρξη της έλξης του ενός χεριού αρχίζει πριν ολοκληρωθεί η φάση ώθησης του άλλου χεριού.



Σχήμα 4: Μοντέλο υπέρθεσης

Συνεπώς, για τον υπολογισμό του δείκτη συντονισμού καταγράφεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης της προωθητικής φάσης (έλξη) της δεξιάς χεριάς και του τέλους της προωθητικής φάσης (ώθηση) της πρώτης αριστερής χεριάς ( $LT1$ ), καθώς επίσης και χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της προωθητικής φάσης



της δεύτερης αριστερής χεριάς και του τέλους της προωθητικής φάσης της δεξιάς χεριάς (LT2). Ο μέσος όρος αυτών των δύο χρόνων, εκφράζεται στη συνέχεια ως ποσοστό της μέσης διάρκειας του κύκλου χεριάς και αντιπροσωπεύει τον δείκτη συντονισμού των χεριών.

## *Παράγοντες που επηρεάζουν τον δείκτη συντονισμού*

### *Συχνότητα χεριάς και επίπεδο κολυμβητών.*

Πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν το συγχρονισμό μεταξύ των χεριών στην ελεύθερη κολύμβηση. Οι παράγοντες μπορεί να αφορούν στοιχεία αγωνιστικά όπως το είδος του αγωνίσματος: ταχύτητας (sprint), μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων, αλλά και παραμέτρους του επιπέδου των κολυμβητών. Στους κολυμβητές υψηλού επιπέδου το μοντέλο συντονισμού αλλάζει απ' το μοντέλο του πιασίματος (catch up), στο μοντέλο της υπέρθεσης (superposition) όταν αυξάνεται η κολυμβητική ταχύτητα (Chollet et al., 2000). Στους κολυμβητές χαμηλότερου επιπέδου το μοντέλο συντονισμού χαρακτηρίζεται κύρια από το μοντέλο του πιασίματος (Chatard et al., 1990; Kolmogorov and Duplisheva, 1992; Maglischo, 2003). Έχει αναφερθεί ότι η μετάβαση στο μοντέλο της υπέρθεσης αποτελεί μια τεχνική προσαρμογή στην κολύμβηση έτσι ώστε να μειωθεί το ενεργειακό κόστος (Chatard et al., 1990), ελαττώνοντας την ενεργητική αντίσταση (Kolmogorov and Duplisheva, 1992) και αυξάνοντας την σχετική διάρκεια των προωθητικών φάσεων (Keskinen and Komi, 1993). Επιπλέον η προσαρμογή του μοντέλου συντονισμού καθορίζεται και από την ειδίκευση και αγωνιστική απόσταση του κάθε κολυμβητή. Αν δηλαδή είναι κολυμβητής ταχυτήτων, μεσαίων ή μεγάλων αποστάσεων (Maglischo, 2003).

Επιπλέον, όσο αφορά τα χαρακτηριστικά της χεριάς στην ελεύθερη κολύμβηση, φαίνεται να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ κολυμβητών υψηλού επιπέδου και κολυμβητών χαμηλότερου επιπέδου, κύρια σε κολύμβηση με μέγιστη ταχύτητα. Πράγματι, οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου είναι σε θέση να διατηρήσουν μια συχνότητα χεριάς της τάξης των 50cycles/min για τουλάχιστον 50δευτ. (Pelayo et al., 1996) όταν οι κολυμβητές χαμηλότερου επιπέδου παρουσιάζουν τιμές γύρω στους 37,5cycles/min (Pelayo et al., 1997). Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, μπορεί να ειπωθεί ότι το ελεύθερο στυλ κολύμβησης υψηλού επιπέδου χαρακτηρίζεται από την ικανότητα του κολυμβητή να υιοθετεί το μοντέλο της υπέρθεσης στο συγχρονισμό της χεριάς του, συγχρόνως με υψηλές τιμές στη συχνότητα της χεριάς. Οι περισσότερες τεχνικές αναλύσεις για το ελεύθερο στυλ κολύμβησης θεωρούν ότι το μοντέλο της υπέρθεσης χαρακτηρίζει την κολύμβηση υψηλού επιπέδου (Costill et al., 1992; Maglischo, 2003).

Ο Potdevin και οι συνεργάτες του (2005), μελέτησαν τη μεταβολή αυτή του προτύπου συντονισμού της χεριάς μεταξύ κολυμβητών υψηλού και χαμηλού επιπέδου, οι

οποίοι κολύμπησαν με σταδιακά αυξανόμενη συχνότητα χεριάς (35, 40, 45, 50 και 55 cycles/min). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο οι κολυμβητές χαμηλού επιπέδου όσο και οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου, όταν κολυμπούσαν με υψηλές συχνότητες χεριάς (50 και 55cycles/min αντίστοιχα), υιοθετούσαν το μοντέλο της υπέρθεσης, ενώ δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των κολυμβητών σ' αυτές τις υψηλές τιμές συχνότητας χεριάς. Η προσαρμογές αυτές παρουσιάζονταν από προηγούμενες έρευνες μόνο για τους κολυμβητές υψηλού επιπέδου (Chatard et al., 1990; Chollet et al., 2000; Kolmogorov and Duplisheva, 1992; Maglisco, 2003). Η μεταβολή τώρα του μοντέλου συγχρονισμού απ' το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της αντίθεσης για τους μεν κολυμβητές υψηλού επιπέδου παρουσιάζεται μεταξύ των τιμών των 50-55cycles/min, ενώ για τους χαμηλότερου επιπέδου κολυμβητές μεταξύ των τιμών των 45-55cycles/min.

Η μετάβαση απ' το ένα μοντέλο συγχρονισμού στο άλλο μπορεί να εξηγηθεί απ' τις δυνάμεις αντίστασης που εφαρμόζονται στο χέρι του κολυμβητή. Οι δυνάμεις αντίστασης αποτυπώνουν την αντίσταση του νερού σε σχέση με την κίνηση του χεριού του κολυμβητή. Όσο γρηγορότερη είναι η κίνηση του χεριού, τόσο αυξάνεται και η αντίσταση του νερού. Εφόσον αύξηση στη συχνότητα της χεριάς έχει ως αντίκτυπο και μια αύξηση στην ταχύτητα του χεριού. Συμπερασματικά η αύξηση στη συχνότητα της χεριάς προκαλεί την αύξηση των δυνάμεων έλξης που εφαρμόζονται στο χέρι του κολυμβητή, άρα αύξηση της αντίστασης. Όταν λοιπόν, η συχνότητα της χεριάς είναι μεγαλύτερη των κρίσιμων τιμών αλλαγής, οι δυνάμεις αντίστασης στο νερό αυξάνονται και έχει σαν αποτέλεσμα την επιβράδυνση της υποβρύχιας κίνησης του χεριού. Οι προωθητικές φάσεις της χεριάς (έλξη και ώθηση) αυξάνονται, ενώ μειώνονται οι μη προωθητικές φάσεις (γλίστρημα και επαναφορά), με αποτέλεσμα το χέρι να μην μπορεί να βγει απ' το νερό πριν την έναρξη της φάσης της έλξης απ' το άλλο χέρι, κάτι που οδηγεί σε μια επικάλυψη των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Άρα στην υιοθέτηση του μοντέλου της αντίθεσης.

Όταν αντίθετα οι συχνότητα χεριάς παίρνει τιμές κάτω απ' τις κρίσιμες τιμές (τιμές αλλαγής), οι δυνάμεις αντίστασης που εφαρμόζονται στο χέρι του κολυμβητή, άρα και η αντίσταση του νερού δεν είναι ικανές να επιβραδύνουν την υποβρύχια τροχιά του. Τότε οι προωθητικές φάσεις της χεριάς (έλξη και ώθηση) έχουν μικρότερη διάρκεια απ' τις μη προωθητικές (γλίστρημα και επαναφορά) και το ένα χέρι βγαίνει απ' το νερό ενώ το άλλο δεν έχει ξεκινήσει την προς τα πίσω κίνηση του. Έτσι παρουσιάζεται ένα χρονικό κενό μεταξύ της εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων μεταξύ των δύο χεριών με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται το μοντέλο του πιασίματος.



Τα δεδομένα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι όσο χαμηλότερες είναι οι τιμές της συχνότητας της χεριάς, τόσο περισσότερο η χεριά χαρακτηρίζεται απ' το μοντέλο του πιασίματος (catch up), ενώ όσο υψηλότερες είναι οι τιμές της συχνότητας η χεριά χαρακτηρίζεται απ' το μοντέλο της υπέρθεσης (superposition). Επίσης γίνεται αντιληπτό ότι το μοντέλο της υπέρθεσης συνδέεται περισσότερο με την υιοθέτηση υψηλών τιμών στη συχνότητα της χεριάς, παρά με το επίπεδο των κολυμβητών (Potdevin et al., 2005).

### ***Κολυμβητική ταχύτητα***

Η ταχύτητα, ως παράγοντας απόδοσης, όπως είναι αντιληπτό έχει άμεση σχέση και επηρεάζει την επίδοση και στα αγωνίσματα της κολύμβησης. Μια παράμετρο που επηρεάζει η ταχύτητα είναι και η αντίσταση μέσα στο νερό. Η αντίσταση του νερού σε ένα σώμα κατά τη διάρκεια της κολύμβησης δεν είναι η ίδια με αυτή που ασκείται σε ένα σώμα που σύρεται παθητικά σε οριζόντια θέση μέσα στο νερό. Η αντίσταση σε ένα σώμα που βρίσκεται σε κίνηση μέσα στο νερό είναι 1,5-2 φορές μεγαλύτερη απ' αυτή που ασκείται αν το σώμα σύρεται παθητικά. Σε μέτριες και υψηλές ταχύτητες η αντίσταση του νερού πάνω στον κολυμβητή αποτελεί τον κύριο παράγοντα επιβράδυνσης του μέσα στο νερό. Έχει βρεθεί ότι η αντίσταση αυξάνει ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας ( $V^2$ ) που κινείται το σώμα (Αυλωνίτη, 2000).

Ο Seifert και οι συνεργάτες του (2007), μελέτησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τον συντονισμό κατά την κολύμβηση και τους κατέταξαν σε τακτικούς παράγοντες και παράγοντες του περιβάλλοντος. Όσον αφορά την ταχύτητα έδειξαν ότι σχετίζεται με τον δείκτη συντονισμού σε ποσοστό 20,7% σε σχέση με τους παράγοντες που επηρεάζουν το συγκεκριμένο δείκτη. Όσο λοιπόν η κολυμβητική ταχύτητα αυξάνεται με την αύξηση του ρυθμού κολύμβησης, μια ανάλογη προσαρμογή παρατηρείται και στον δείκτη συντονισμού. Υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας και του δείκτη παρατηρήθηκε τόσο σε χαμηλές, όσο και σε υψηλές τιμές ταχύτητας ανεξάρτητα απ' το επίπεδο των κολυμβητών και το φύλο τους.

Απ' την άλλη η ταχύτητα στην κρίσιμη τιμή του ρυθμού των 200m (η τιμή κατά την οποία αλλάζει ο ρυθμός από τα σπριντ στο ρυθμό των μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων), μεταξύ των κολυμβητών υψηλού επιπέδου, των μετρίου επιπέδου και των γυναικών δεν ήταν η ίδια. Μόνο οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου παρουσίασαν το μοντέλο συντονισμού της υπέρθεσης, του οποίου η υιοθέτηση τους επέτρεψε να κολυμπήσουν γρηγορότερα από 1,8m/sec. Οι κολυμβητές μεσαίου επιπέδου και οι γυναίκες δεν κατάφεραν να φθάσουν σε αυτή την ταχύτητα χρησιμοποιώντας αποτελεσματικότερο μοντέλο συντονισμού και διατηρώντας το μοντέλο του πιασίματος. Απ' τα παραπάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η κολυμβητική ταχύτητα είναι παράμετρος ελέγχου του συντονισμού των χεριών.

Παρά την σύνδεση των υψηλών τιμών του δείκτη συντονισμού της χεριάς (μοντέλο της υπέρθεσης) με υψηλές τιμές στην ταχύτητα, πρέπει να αναφερθεί ότι η μετάβαση στο μοντέλο της υπέρθεσης είναι επακόλουθο της αύξησης της ταχύτητας και όχι η αιτία της αύξησης αυτής. Στους κολυμβητές υψηλού επιπέδου σε υψηλές τιμές ταχύτητες το μοντέλο της υπέρθεσης υιοθετείται για να υπερνικηθεί η αύξηση της αντίστασης του νερού. Οι κολυμβητές μεσαίου επιπέδου και οι γυναίκες απ' την άλλη, σε υψηλές ταχύτητες παρουσιάζουν πάντα το μοντέλο συντονισμού του πιασίματος. Η μετάβαση απ' το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της υπέρθεσης, στους κολυμβητές υψηλού επιπέδου, παρατηρείται μεταξύ του 95%-97% της μέγιστης κολυμβητικής ταχύτητας, για πολλούς ερευνητές στην ταχύτητα των 1,85m/sec και στο ρυθμό των 50χεριών/λεπτό, τιμές που αντιπροσωπεύουν το ρυθμό στο αγώνισμα των 200m (Millet et al., 2002; Potdevin et al., 2003; Seifert et al., 2004).

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της κολυμβητικής ταχύτητας είναι καθοριστικός παράγοντας του συντονισμού των χεριών που έχει να κάνει με το περιβάλλον μιας και κύρια συνδέεται με την αντίσταση που πρέπει να υπερνικήσουν οι κολυμβητές (Hollander et al., 1986; Kolmogorov and Duplischeva, 1992; Toussaint, 1988). Ο Kolmogorov και οι συνεργάτες του (1997) έδειξαν μια δραματική αύξηση της αντίστασης και της συνολικής ισχύος κοντά στην ταχύτητα των 1,8m/sec, κάτι το οποίο εξηγεί την μετάβαση στο μοντέλο της υπέρθεσης, απ' τους κολυμβητές υψηλού επιπέδου, σ' αυτή την ταχύτητα.



### **Φύλο και δείκτης συντονισμού**

Η αλλαγή αυτή που παρατηρείται στο δείκτη συντονισμού καθώς αυξάνει η κολυμβητική ταχύτητα φαίνεται να εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως το προσωπικό στυλ του κολυμβητή και το φύλο του. Για παράδειγμα ο Seifert και οι συνεργάτες του (2004) διερεύνησαν την επίδραση του φύλου των κολυμβητών στον δείκτη συντονισμού κατά την ελεύθερη κολύμβηση. Οι ερευνητές αυτοί χρησιμοποιώντας οχτώ διαφορετικούς ρυθμούς κολύμβησης, έδειξαν ότι καθώς μειώνεται η κολυμβητική απόσταση, άρα αυξάνεται ο ρυθμός, για τους κολυμβητές υψηλού επιπέδου αυξάνεται ο δείκτης συντονισμού και παρατηρείται μετάβαση απ' το μοντέλο του πιασίματος στο μοντέλο της σχετικής αντίθεσης. Για τις κολυμβήτριες υψηλού επιπέδου αντίθετα δεν παρουσιάστηκε αλλαγή του δείκτη συντονισμού και διατήρησαν το μοντέλο του πιασίματος σε όλες τις προσπάθειες.

Η αλλαγή του συντονισμού στους άνδρες μπορεί να ερμηνευτεί απ' το μέγεθος των βιομηχανικών περιορισμών που παρουσιάζονται σε σχέση με τις γυναίκες. Έτσι καθώς ο κολυμβητικός ρυθμός και επομένως και η κολυμβητική ταχύτητα αυξάνονται, οι άνδρες παράγουν σημαντική ενεργητική αντίσταση με αποτέλεσμα να πρέπει να υπερνικήσουν μεγαλύτερη υδροδυναμική αντίσταση σε σχέση με τις γυναίκες. Γι' αυτό όταν οι άνδρες κολυμπούν σε υπομέγιστη ταχύτητα (μεσαίες και μεγάλες αποστάσεις), χρειάζονται λιγότερη ισχύ για να υπερνικήσουν την αντίσταση που δημιουργείται. Το παραπάνω είναι σύμφωνο με τα αποτελέσματα της έρευνας των Rouard και Billat (1990), οι οποίοι με την βοήθεια ηλεκτρομυογραφήματος έδειξαν ότι οι άνδρες είναι αποδοτικότεροι σε σχέση με τις γυναίκες και γι' αυτό κολυμπούν γρηγορότερα και με μεγαλύτερο προσανατολισμό στο μοντέλο του πιασίματος στις χαμηλές ταχύτητες.

Όσον αφορά τις ανθρωπομετρικές ιδιαιτερότητες των δύο φύλων, σύμφωνα με πολλές έρευνες, οι κολυμβήτριες υψηλού επιπέδου έχουν μικρότερο μέγεθος και μικρότερο άνοιγμα χεριών σε σχέση με τους κολυμβητές υψηλού επιπέδου (Chatard et al., 1991; Pelayo et al., 1996). Επιπλέον τα ανθρωπομετρικά αυτά χαρακτηριστικά συσχετίστηκαν με την ταχύτητα στα αγωνίσματα των 50m και των 100m (Pelayo et al., 1996). Ο Toussaint και οι συνεργάτες του (1983), έδειξαν ότι οι διαφορές στην επίδοση των γυναικών στα αγωνίσματα των 100 και των 200m οφείλονται σε διαφορές στο μήκος των χεριών και στην πρόσθια επιφάνεια του πήχη και της παλάμης. Αυτό μπορεί επίσης να

ερμηνεύσει και τις διαφορές στην αποτελεσματικότητα της προώθησης και στις προωθητικές δυνάμεις, αλλά και το μεγαλύτερο μήκος χεριάς που παρατηρείται στις κολυμβήτριες υψηλού επιπέδου σε σχέση με αυτές χαμηλότερου επιπέδου. Οι Grimmston και Hay (1986), αναφέρουν πως ο λόγος της συχνότητας χεριάς προς το μήκος χεριάς (SR/SL), που αντιπροσωπεύει την κολυμβητική ταχύτητα, επηρεάζεται από τη σωματοδομή του κολυμβητή. Στη διάρκεια ενός αγώνα, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν σε ποσοστό 89% το μήκος χεριάς (SL), τη συχνότητα χεριάς (SR) σε ποσοστό 41% και την κολυμβητική ταχύτητα (V) σε ποσοστό 17%. Οι διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στο μήκος χεριάς και την κολυμβητική ταχύτητα πιθανόν να οφείλονται σε ανθρωπομετρικά δεδομένα που περιλαμβάνουν διαφορετικές μηχανικές προσαρμογές και διαφορετικά πρότυπα συντονισμού.

Ωστόσο, οι Kolmogorov και Duplisheva (1992), αναφέρουν για την ενεργητική έλξη ένα εύρος τιμών μεταξύ 50%-150% της παθητικής έλξης στην κολύμβηση με μέγιστη ταχύτητα, κάτι που οφείλεται κυρίως στην τεχνική, παρά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του κολυμβητή. Σε άλλη έρευνα ο Kolmogorov και οι συνεργάτες του 1997 κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αποτελεσματική προώθηση επιτυγχάνεται με μείωση της ενεργητικής αντίστασης και ταυτόχρονη αύξηση των προωθητικών ενεργειών. Οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου εξαιτίας της καλύτερης τεχνικής τους έχουν την δυνατότητα να μειώνουν την ενεργητική αντίσταση και να αυξάνουν τις προωθητικές τους ενέργειες. Επίσης παρουσιάζουν καλύτερο μηχανικό συντονισμό σε σχέση με τις γυναίκες και έχουν την δυνατότητα να προσαρμόζουν την τεχνική τους στους βιομηχανικούς περιορισμούς όταν η κολυμβητική ταχύτητα είναι υψηλή.

Ο Seifert και οι συνεργάτες του (2004) χρησιμοποίησαν κολύμβηση σε οχτώ διαφορετικές σταδιακά αυξανόμενες ταχύτητες (V3000, V1500, V800, V400, V200, V100, V50, Vmax). Η κάθε ταχύτητα αντιπροσώπευε την ταχύτητα με την οποία κολύμπησε ο κάθε κολυμβητής την αντίστοιχη απόσταση. Ο ρυθμός τον οποίο ακολούθησε ο κάθε κολυμβητής ήταν προσωπικός για κάθε απόσταση ξεχωριστά, άρα και η ταχύτητα που κολυμπούσε καθοριζόταν απ' τον ίδιο. Έτσι καθώς αυξανόταν η κολυμβητική ταχύτητα οι ερευνητές παρατήρησαν, ότι οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου αύξησαν τη διάρκεια των προωθητικών τους φάσεων (έλξη και ώθηση), τη διάρκεια της φάσης της επαναφοράς, καθώς και το δείκτη συντονισμού τους (IdC) σε μεγαλύτερο βαθμό απ' τις κολυμβήτριες υψηλού επιπέδου. Επίσης, οι κολυμβητές μείωσαν, περισσότερο σε σχέση με τις κολυμβήτριες, την διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος με αποτέλεσμα μείωση της



διάρκειας των μη-προωθητικών φάσεων (γλίστρημα και επαναφορά) και παρουσίασαν την τάση να μειώνουν το μήκος της χεριάς, λιγότερο σε σύγκριση με τις κολυμβήτριες.

Τα παραπάνω συνηγορούν στην υιοθέτηση διαφορετικών κινητικών προσαρμογών για κάθε φύλο ξεχωριστά. Περισσότερο απ' τις κολυμβήτριες, οι κολυμβητές δείχνουν προτίμηση σε αύξηση των προωθητικών τους ενεργειών αυξάνοντας τη διάρκεια των προωθητικών φάσεων της χεριάς τους και μειώνοντας τη διάρκεια των μη-προωθητικών. Οι κολυμβητές προσαρμόζονται άμεσα, στην αύξηση της ταχύτητας προς το σπριντ, μεταβαίνοντας στο μοντέλο συντονισμού της αντίθεσης, ενώ οι κολυμβήτριες προσαρμόζονται σταδιακά άλλα διατηρώντας το μοντέλο συντονισμού του πιασίματος σε όλο το εύρος των ταχυτήτων.

Γεγονός είναι ότι σε υψηλές ταχύτητες υπάρχουν βιομηχανικοί περιορισμοί οι οποίοι υπαγορεύουν γρηγορότερη εναλλαγή των κινήσεων των χεριών με στόχο να υπερνικηθεί η αύξηση της υδροδυναμικής αντίστασης. Αυτές οι τιμές ταχύτητας παρουσιάζονται μόνο στους άνδρες και στις κορυφαίες μόνο απ' τις κολυμβήτριες, καθώς και η μετάβαση απ' το μοντέλο συντονισμού του πιασίματος στο μοντέλο της σχετικής αντίθεσης και της υπέρθεσης. Επίσης σε ίδιες ταχύτητες οι κολυμβητές παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές προς το μοντέλο του πιασίματος, σε σχέση με τις κολυμβήτριες, λόγω διαφορετικών κινητών προσαρμογών, ανεξάρτητων απ' τους βιομηχανικούς περιορισμούς. Οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου έχουν την δυνατότητα να φθάνουν σε υψηλές τιμές ισχύος ανά κύκλο χεριάς, που σχετίζεται με τη διατήρηση σταθερού μήκους χεριάς σε υψηλές ταχύτητες, καθώς είναι εμφανής η προτίμηση τους στο να μειώνουν την υδροδυναμική αντίσταση σε σχετικά χαμηλές ταχύτητες διατηρώντας μεγάλο μήκος χεριάς.

Συμπερασματικά μπορεί να διαπιστωθεί ότι ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, όπως το μεγαλύτερο ύψος και άνοιγμα χεριών των ανδρών σε σχέση με τις γυναίκες, μπορούν να ερμηνεύσουν εν μέρη τις διαφορετικές προσαρμογές του δείκτη συντονισμού της χεριάς ανάμεσα στα δύο φύλα. Ακόμα και αν ο δείκτης συντονισμού μπορεί να θεωρηθεί ως παράμετρος κολυμβητικού επιπέδου και επιπέδου τεχνικής θα ήταν λάθος να χαρακτηρίσουμε «χειρότερο» μοντέλο συντονισμού το μοντέλο του πιασίματος που παρατηρείται στις κολυμβήτριες. Στις γυναίκες όπως αναφέρθηκε παραπάνω η υιοθέτηση του μοντέλου του πιασίματος είναι αποτέλεσμα διαφορετικών κινητικών προσαρμογών, συνέπεια ανθρωπομετρικών παραμέτρων και κολυμβητικής ταχύτητας. Για το λόγο αυτό

το μοντέλο του πιασίματος μπορεί να θεωρηθεί και ατομική προσαρμογή η οποία εξηγεί και το μοντέλο συντονισμού που υιοθετείται κατά τη διάρκεια κολύμβησης με κολυμβητικά χεράκια και στην κολύμβηση μεγάλων αποστάσεων (Sidney, 2001).

### ***Κολυμβητικά χεράκια***

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, στην προπονητική πρακτική της κολύμβησης χρησιμοποιούνται πολλά προπονητικά βοηθήματα με στόχο τη βελτίωση της επίδοσης, της τεχνικής, της δύναμης κ.α. Ένα απ' τα βοηθήματα που χρησιμοποιείται ευρέως απ' τους κολυμβητές είναι τα κολυμβητικά χεράκια.

Πολλές έρευνες έδειξαν ότι τα κολυμβητικά χεράκια επηρεάζουν σημαντικά την προώθηση των κολυμβητών. Συγκεκριμένα ο Schleichauf (1979), αναφέρει ότι η προωθητική δύναμη, που ασκείται απ' το χέρι του κολυμβητή στο νερό, είναι ανάλογη με την ταχύτητα και την επιφάνεια του χεριού. Ο Toussaint και οι συνεργάτες του (1991), έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα της προώθησης αυξάνει από 64% σε 69% όταν μεγαλώνει η επιφάνεια προώθησης, κάτι που ισχύει όταν χρησιμοποιούνται κολυμβητικά χεράκια.

Αυτό τεκμηριώνεται απ' το ότι μεγαλώνοντας την επιφάνεια προώθησης η ταχύτητα μπορεί να διατηρηθεί σταθερή με ταυτόχρονη μείωση σε ποσοστό 6% του ρυθμού της ενεργειακής δαπάνης. Η μείωση αυτή είναι αποτέλεσμα της μείωσης της συνολικής ισχύος (7,6%) διαφορά η οποία ισούται με την μείωση της ισχύος που δαπανάται απ' τον κολυμβητή με στόχο να αλλάξει την κινητική ενέργεια του νερού που σπρώχνει, εφόσον η ισχύς που χρειάζεται για να υπερνικηθεί η αντίσταση παραμένει σταθερή και στις δύο συνθήκες.

Χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια η παραγόμενη προωθητική δύναμη, αν διατηρηθεί η ίδια ταχύτητα κολύμβησης, είναι η ίδια με την προωθητική δύναμη που παράγει ο κολυμβητής κολυμπώντας χωρίς χεράκια. Κολυμπώντας με χεράκια αυτή η προωθητική δύναμη μπορεί να παραχθεί σπρώχνοντας ο κολυμβητής μεγαλύτερη μάζα νερού στην προς τα πίσω κίνηση του με μικρή μεταβολή στην ταχύτητα. Έτσι η σχετική ταχύτητα του χεριού σε σχέση με το νερό θα μειωθεί συγκριτικά με την κολύμβηση χωρίς χεράκια. Αν γίνει δεκτό ότι τα κολυμβητικά χεράκια δεν διαφοροποιούν το πρότυπο της υποβρύχιας έλξης (Monteil and Rouard, 1990), τότε η ίδια απόσταση απ' τα χεράκια θα πρέπει να διανύεται με μικρότερη ταχύτητα αποτέλεσμα του οποίου είναι η μείωση της συχνότητας της χεριάς και η αύξηση του μήκους της (Toussaint et al., 1991). Επίσης οι Ogita και Tabata (1993) και ο Ogita και οι συνεργάτες του (1999), διαπίστωσαν ότι η

κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια σε υψηλές ταχύτητες δεν προκαλεί μεταβολικές διαφοροποιήσεις και κατέληξαν στην υπόθεση ότι χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια αυξάνεται η αποτελεσματική προώθηση της χεριάς.

Όσον αφορά τις επιμέρους φάσεις της υποβρύχιας έλξης, χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια πολλοί ερευνητές (Keskinen and Komi, 1993; Sidney and Pelayo, 2001) αναφέρουν αύξηση της διάρκειας των προωθητικών φάσεων (έλξη και ώθηση) και μείωση της διάρκειας των μη-προωθητικών φάσεων (γλίστρημα και επαναφορά). Οι Sidney και Pelayo (2001), ερευνώντας την επίδραση που έχουν τα κολυμβητικά χεράκια στο συντονισμό των χεριών, χρησιμοποιώντας τον δείκτη συντονισμού (IdC) του Chollet (2000), έδειξαν ότι όταν δεν χρησιμοποιήσαν οι κολυμβητές χεράκια το πρότυπο του συντονισμού των χεριών αντιστοιχούσε στο μοντέλο συντονισμού του πιασίματος (catch-up), ενώ όταν χρησιμοποιήθηκαν κολυμβητικά χεράκια παρατηρήθηκε αύξηση στις τιμές του δείκτη και μια τάση μετάβασης του μοντέλου συγχρονισμού στο μοντέλο της αντίθεσης (opposition). Επίσης σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές οι τιμές του δείκτη συντονισμού που μετρήθηκαν κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια ήταν αντιστρόφως ανάλογες με τη διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος και υπήρχε θετική συσχέτιση με τη διάρκεια της φάσης της ώθησης. Όταν χρησιμοποιούνταν κολυμβητικά χεράκια οι τιμές του δείκτη παρουσίασαν αρνητική συσχέτιση με την διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος ενώ αυξάνονταν παράλληλα με την διάρκεια της φάσης της ώθησης.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### *Δείγμα*

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβήτριες αγωνιστικών κατηγοριών από συλλόγους της Θεσσαλονίκης και της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Αγωνιστικό στυλ των κολυμβητριών ήταν το ελεύθερο στυλ κολύμβησης. Το δείγμα είχε τα εξής χαρακτηριστικά:

- ηλικία:  $18.2 \pm 4.7$  έτη,
- ύψος:  $1.69 \pm 0.14$  m,
- σωματική μάζα:  $60 \pm 6.3$  kg
- επίδοση στα 100m ελεύθερο:  $63.3 \pm 2.27$  sec

Βάση της παγκόσμιας κατάταξης των κολυμβητών από την παγκόσμια ομοσπονδία κολύμβησης (FINA—[www.swimmers.com/ranking](http://www.swimmers.com/ranking)), οι κολυμβήτριες που συμμετείχαν της παρούσας έρευνας συγκέντρωναν από 678 έως 880 ( $756.4 \pm 56.1$ ) βαθμούς σύμφωνα με την επίδοσή τους στα 100m ελεύθερης κολύμβησης σε πισίνα 50m τη συγκεκριμένη αγωνιστική περίοδο (2004-2005) που πήραν μέρος στην έρευνα.

Πρέπει να αναφερθεί, ότι οι κολυμβήτριες με απλή συμμετοχή στο πανελλήνιο πρωτάθλημα, εκείνες δηλαδή οι αθλήτριες που τελικά δεν καταφέρνουν να προκριθούν από τις προκριματικές στις τελικές σειρές των αγωνισμάτων τους, η παγκόσμια κατάταξη τους βάσει των επιδόσεων τους είναι μεταξύ των 550-600 βαθμών.

### *Περιγραφή συνθηκών και οργάνων μέτρησης*

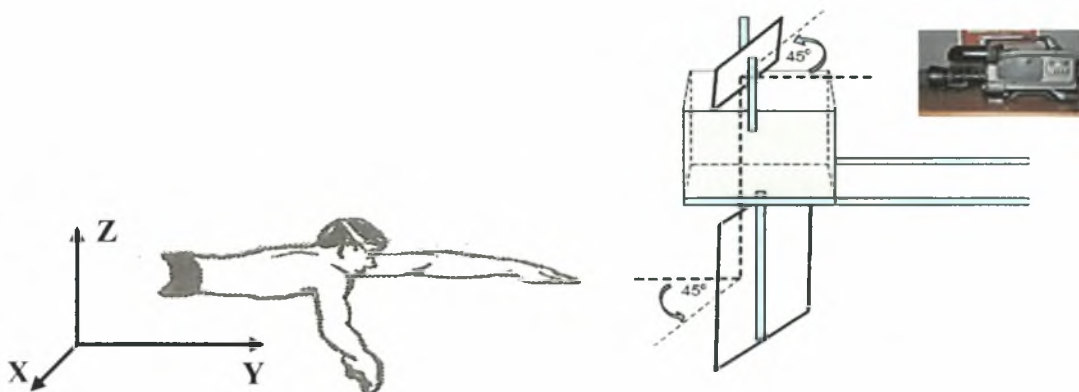
Αρχικά οι κολυμβήτριες κολύμπησαν 1000m ως προθέρμανση. Στη συνέχεια κάθε μια, κολύμπησε με τυχαία σειρά 25m ελεύθερο χωρίς χεράκια, 25m με μικρά κολυμβητικά χεράκια ( $116\text{cm}^2$ ) και 25m με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια ( $268\text{cm}^2$ ) (σχήμα 5). Όλες οι προσπάθειες εκτελέστηκαν με μέγιστη ένταση (100%). Για να μην υπάρχει συμμετοχή των ποδιών χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις μετρήσεις pull buoy. Επίσης, για να αποκλειστεί η επίδραση της αναπνοής, οι κολυμβήτριες καθώς περνούσαν μέσα από τον οριοθετημένο χώρο της καταγραφής της κίνησης τους (10m-15m) δεν εκτελούσαν αναπνοές. Μεταξύ

των επιμέρους μετρήσεων μεσολαβούσε διάλειμμα 3min ώστε να υπάρχει πλήρη ανάληψη και να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα από τον παράγοντα της κόπωσης.



Σχήμα 5. Α) Κολυμβητικά χεράκια μικρού ( $116\text{cm}^2$ ) και Β) μεγάλου μεγέθους ( $268\text{cm}^2$ )

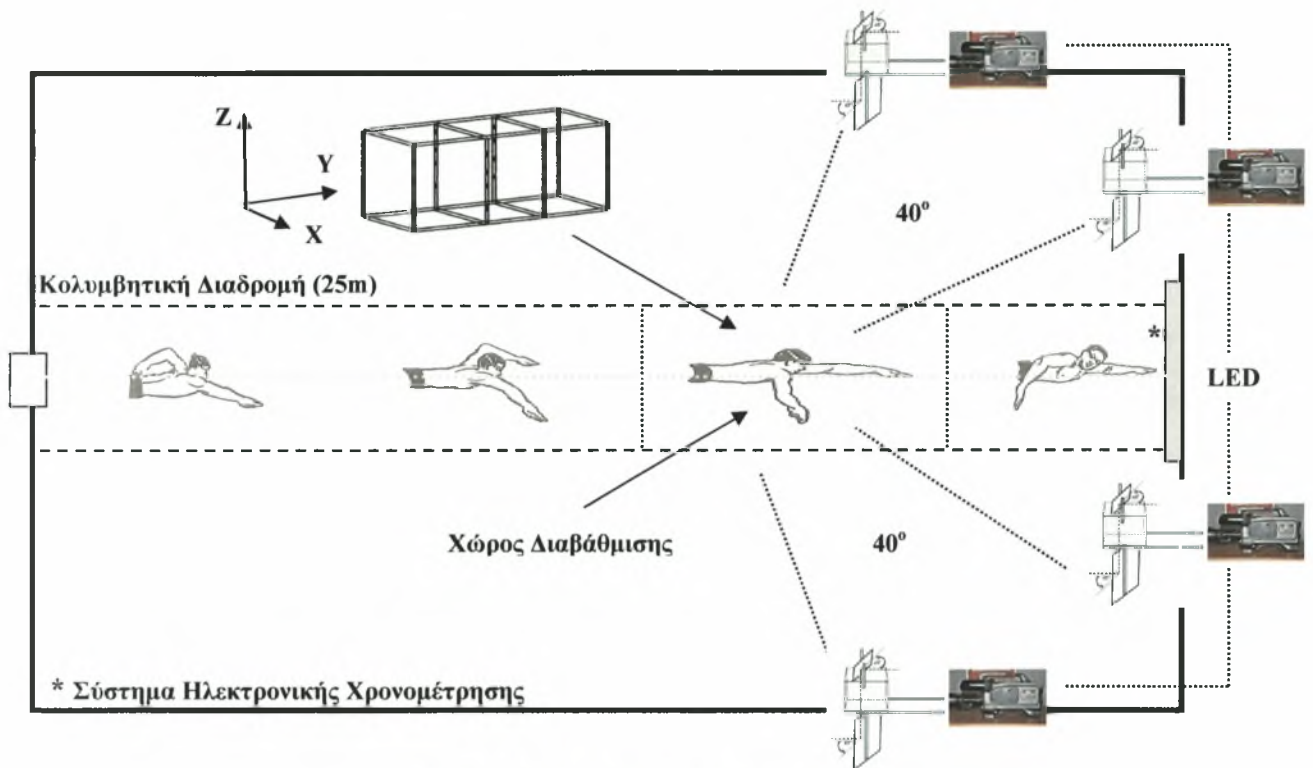
Οι μετρήσεις διεξήχθησαν στις εγκαταστάσεις του πανεπιστημιακού κολυμβητηρίου του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Η καταγραφή της υποβρύχιας κίνησης των χεριών των κολυμβητριών έγινε με 4 S-VHS μηχανές λήψης (2 Panasonic PV-900 και 2 Panasonic AG-188) με συχνότητα λήψης 60Hz. Οι μηχανές λήψης τοποθετήθηκαν πίσω από ειδικά διαμορφωμένα περισκόπια (Σχήμα 6) και οι οπτικοί τους άξονες σχημάτιζαν ανά δύο γωνία 41 μοιρών. Το κάθε περισκόπιο αποτελούσαν δύο καθρέφτες, οι οποίοι ήταν τοποθετημένοι σε απόσταση 1m ο ένας απ' τον άλλο και σε γωνία 45 μοιρών. Το μέγεθος του μικρότερου καθρέφτη που ήταν πάνω από την επιφάνεια του νερού ήταν 35cm X 35cm, ενώ του μεγαλύτερου που βρίσκονταν 60 cm κάτω από την επιφάνεια του νερού ήταν 110cm X 40cm Τον κύριο κορμό κάθε περισκοπίου αποτελούσε ένας «κυματοθραύστης» με διαστάσεις 40cm X 40cm X 40cm, με γυάλινη «βάση» οι οποία επέτρεπε την καταγραφή του ειδώλου της υποβρύχιας κίνησης με μηχανές λήψης εκτός νερού.



Σχήμα 6. Περισκόπιο και καταγραφή της κίνησης.



Τα περισκόπια τοποθετήθηκαν στα τοιχώματα του κολυμβητηρίου. Τα δύο διαγώνια μπροστά στην διεύθυνση κολύμβησης, ενώ τα άλλα δύο πλάγια κάθετα στη διεύθυνση κολύμβησης. Για το συγχρονισμό των μηχανών χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα από φωτάκια LED τα οποία είχαν τοποθετηθεί στο πεδίο καταγραφής των μηχανών και ενεργοποιούνταν από τον εξεταστή όταν η κολυμβήτρια περνούσε μέσα από τον ειδικά διαβαθμισμένο χώρο καταγραφής. (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Διαδικασία μέτρησης

Ο χώρος καταγραφής διαβαθμίστηκε με ένα κύβο διαβάθμισης, διαστάσεων 1m X 3m X 1m στους X, Y και Z άξονες αντίστοιχα (X=εγκάρσιος άξονας, Y=επιμήκης άξονας, Z=κατακόρυφος άξονας). Αρχικά ο κύβος τοποθετούνταν στο νερό και αφού καταγραφόταν από τις 4 μηχανές λήψης αφαιρούνταν για να μπορέσουν να περάσουν οι κολυμβήτριες μέσα απ' το διαβαθμισμένο χώρο. Περιμετρικά πάνω στον κύβο διαβάθμισης μετρήθηκαν με ακρίβεια χιλιοστού οι τρισδιάστατες συντεταγμένες είκοσι τεσσάρων (24) σημείων ελέγχου (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Κύβος Διαβάθμισης με 24 σημεία ελέγχου (περιμετρικά του κύβου).

### *Διαδικασία Μέτρησης*

Στο σώμα των κολυμβητριών βάφτηκαν με μαρκαδόρο μαύρα σημάδια: στην 2<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μετακαρποφαλαγγική άρθρωση του δεξιού και του αριστερού χεριού των κολυμβητριών, στο ακρώμιο του δεξιού και αριστερού ώμου, καθώς και στο ύψος της μείζονος τροχαντήρας του μηριαίου οστού στο δεξί και αριστερό ισχίο των κολυμβητριών.

Η καταγραφή των συντεταγμένων θέσης των επιλεγμένων σημείων πραγματοποιήθηκε μέσω του συστήματος Ariel Performance Analysis System (APAS) και η μετατροπή των δισδιάστατων συντεταγμένων οθόνης σε πραγματικές τρισδιάστατες συντεταγμένες πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθόδου του Άμεσου Γραμμικού Μετασχηματισμού (Direct Linear Transformation - DLT).

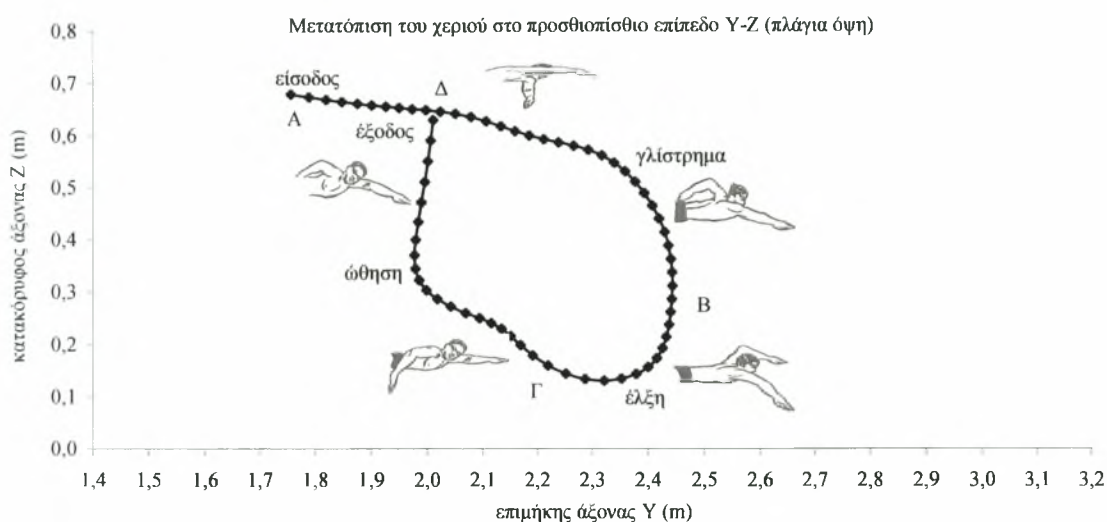
Το RMS σφάλμα, ανέρχονταν στα 2.35mm, 4.64mm και 2.59mm για τους X, Y και Z άξονες, αντίστοιχα. Οι τιμές του σφάλματος υπολογίστηκαν βάσει 8 σημείων στον κύβο διαβάθμισης που δεν συμμετείχαν στη διαβάθμιση του χώρου. Για την εξομάλυνση των αρχικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό φίλτρο με συχνότητα κοπής στα 6Hz, που καθορίστηκε μετά από ανάλυση υπολοίπων μεταξύ μη εξομαλυμένων και εξομαλυμένων δεδομένων για ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων κοπής.

Για πιο λεπτομερή ανάλυσή της, η κίνηση του δεξιού χεριού διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις (Σχήμα 9 και 10):

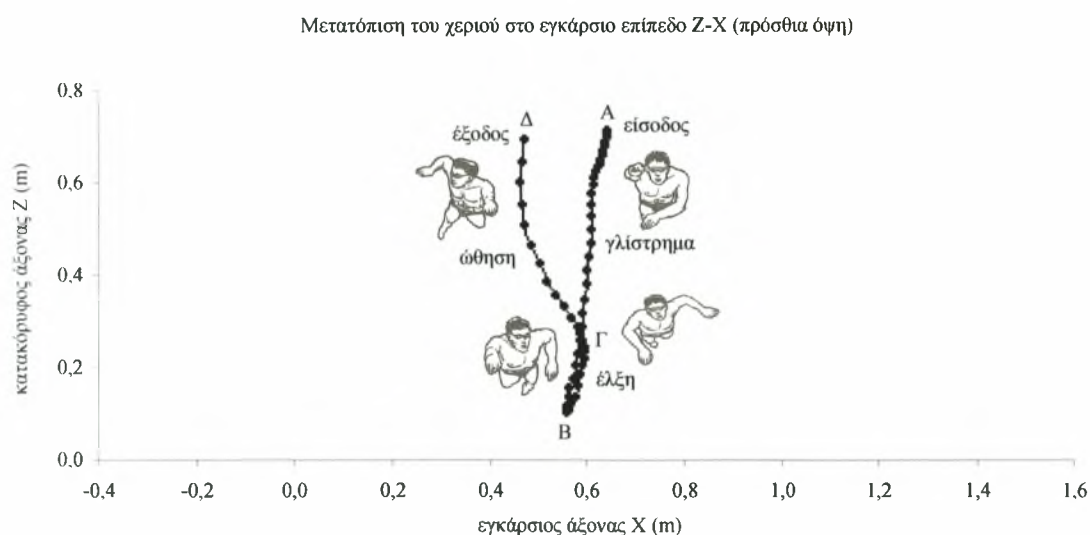
- α) φάση γλιστρήματος: από την είσοδο του χεριού στο νερό (Α) έως τη μέγιστη μετατόπιση του προς τα εμπρός στον επιμήκη άξονα Y (Β),
- β) φάση έλξης: από τη μέγιστη μετατόπιση του χεριού προς τα εμπρός στον επιμήκη άξονα Y, έως το σημείο «ταύτισής» του με την άρθρωση του ώμου στον επιμήκη άξονα Y (Γ),



- γ) φάση ώθησης: από το σημείο «ταύτισης» του χεριού με την άρθρωση του ώμου στον επιμήκη άξονα Y (Γ), έως την έξοδο του χεριού από το νερό (Δ) και
- δ) φάση επαναφοράς: από την ολοκλήρωση της υποβρύχιας έλξης και την έξοδο του χεριού από το νερό (Δ) έως την επόμενη είσοδό του (Α).



Σχήμα 9. Υποβρύχιες φάσεις της κίνησης του χεριού (πλάγια όψη)



Σχήμα 10. Υποβρύχιες φάσεις της κίνησης του χεριού (πρόσθια όψη)

Κατά τη διάρκεια της κολύμβησης και στις τρεις συνθήκες μέτρησης ψηφιοποιήθηκε ενάμιση κύκλος χεριάς (π.χ. 1<sup>η</sup> αριστερή χεριά, δεξιά χεριά, 2<sup>η</sup> αριστερή χεριά). Για την αξιολόγηση της επίδρασης που έχουν τα κολυμβητικά χεράκια υπολογίστηκαν το μήκος χεριάς, η συχνότητα χεριάς και η μέση κολυμβητική ταχύτητα. Το μήκος χεριάς (SL) υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος της μετατόπισης του δεξιού και

αριστερού ισχίου στον επιμήκη άξονα Y, σε έναν ολοκληρωμένο κύκλο χεριάς, δηλαδή μιας ολοκληρωμένης δεξιάς και αριστερής χεριάς, από την είσοδο του χεριού έως την είσοδο του και πάλι μέσα στο νερό, αντίστοιχα. Η μέση κολυμβητική ταχύτητα (V) καθορίστηκε ως το πηλίκο του μέσου μήκους χεριάς (SL), προς τη μέση διάρκεια (T) της δεξιάς και αριστερής χεριάς ( $V=SL/T$ ). Η συχνότητα χεριάς ορίστηκε ως το πηλίκο της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας προς το μέσο μήκος χεριάς ( $SR=V/SL$ ).

Εκτός από τις παραπάνω μεταβλητές και τη μέση διάρκεια της συνολικής έλξης του δεξιού και αριστερού χεριού, από την είσοδο του στο νερό έως την είσοδο του και πάλι στο νερό, υπολογίστηκαν

- η μέση απόλυτη και μέση σχετική (εκφραζόμενη ως ποσοστό της μέσης διάρκειας της συνολικής έλξης των δύο χεριών) διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης του δεξιού και αριστερού χεριού, από την είσοδο έως την έξοδο του κάθε χεριού από το νερό,
- η μέση απόλυτη και μέση σχετική (εκφραζόμενη ως ποσοστό της μέσης διάρκειας της συνολικής έλξης των δύο χεριών) διάρκεια του γλιστρήματος, από την είσοδο του κάθε χεριού στο νερό έως την μέγιστη μετατόπιση του στον επιμήκη άξονα Y,
- η μέση απόλυτη και μέση σχετική (εκφραζόμενη ως ποσοστό της μέσης διάρκειας της συνολικής έλξης των δύο χεριών) διάρκεια της έλξης των δύο χεριών, από τη μέγιστη μετατόπιση του κάθε χεριού στον επιμήκη άξονα Y, που οριοθετεί την ολοκλήρωση του γλιστρήματος, έως το σημείο «ταύτισης» του με την άρθρωση του αντίστοιχου ώμου, στον επιμήκη άξονα Y,
- η μέση απόλυτη και μέση σχετική (εκφραζόμενη ως ποσοστό της μέσης διάρκειας της συνολικής έλξης των δύο χεριών) διάρκεια της ώθησης των δύο χεριών, από το σημείο «ταύτισης» του κάθε χεριού με την αντίστοιχη άρθρωση του ώμου στον επιμήκη άξονα Y, έως την έξοδο του από το νερό,
- η μέση απόλυτη και μέση σχετική (εκφραζόμενη ως ποσοστό της μέσης διάρκειας της συνολικής έλξης των δύο χεριών) διάρκεια της επαναφοράς των δύο χεριών, μετά την ολοκλήρωση της υποβρύχιας έλξης και την έξοδο του κάθε χεριού από το νερό έως την επόμενη είσοδό του,
- η μέση απόλυτη και μέση σχετική (εκφραζόμενη ως ποσοστό της μέσης διάρκειας της συνολικής έλξης των δύο χεριών) διάρκεια της προωθητικής και μη προωθητικής φάσης, αθροιστικά δηλαδή, η διάρκεια των φάσεων, έλξης και ώθησης, και γλιστρήματος και επαναφοράς, αντίστοιχα και,

- ο δείκτης συντονισμού μεταξύ των χεριών (IdC), που είναι ο μέσος όρος της χρονικής διάρκειας που μεσολαβεί μεταξύ της εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, εκφραζόμενη ως ποσοστό του μέσου όρου της διάρκειας της χερίας.

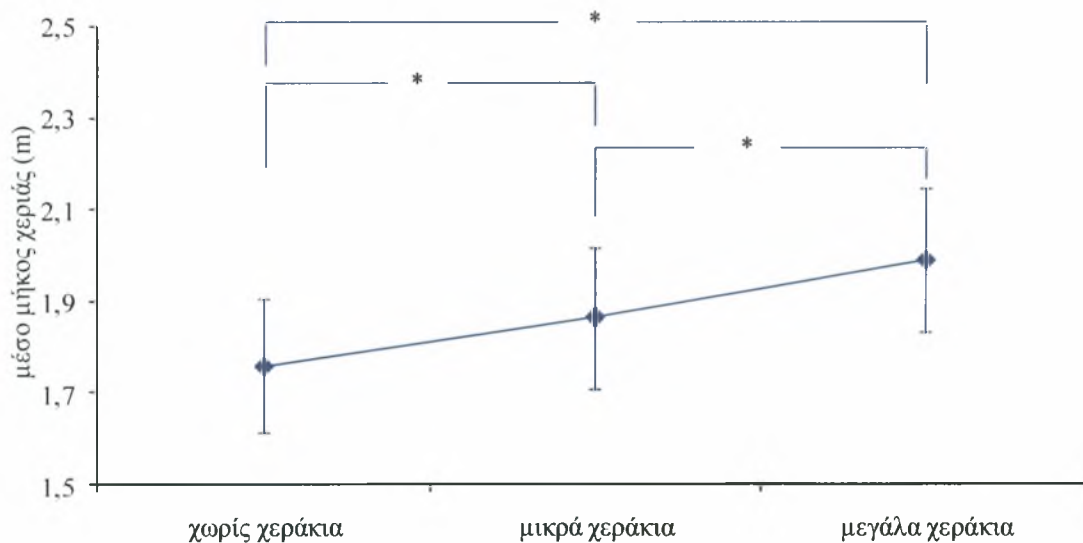
### *Σχεδιασμός της έρευνας*

Για τη στατιστική επεξεργασία των παραπάνω παραμέτρων εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν παράγοντα (συνθήκη μέτρησης), ο οποίος είχε τρεις βαθμίδες (χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια). Για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, ο έλεγχος της κανονικής κατανομής πραγματοποιήθηκε μέσω του test Kolmogorov-Smirnov και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως  $p < 0.05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Μέσο μήκος χεριάς

Εφαρμόζοντας ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 1, αφού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=24.738$ ,  $p<0.05$ ), στο μέσο μήκος χεριάς. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, διαπιστώθηκαν μάλιστα στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των συνθηκών μέτρησης (Σχήμα 11 και Πίνακας 1).



Σχήμα 11. Μέσο μήκος χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

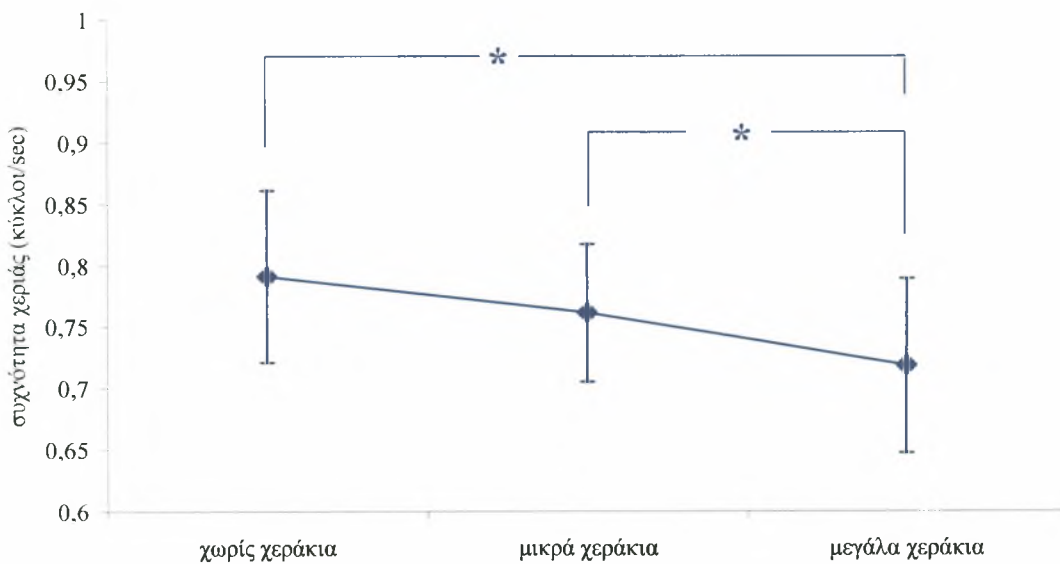
Πίνακας 1. Μέσο μήκος χεριάς (m)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	$F$ τιμή
1.759 ± 0.145	1.863 ± 0.154	1.989 ± 0.157	24.738*

\*  $p < 0.05$

## Συχνότητα Χεριάς

Όσον αφορά τη συχνότητα χεριάς, εφαρμόζοντας ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 2, αφού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=14.724, p<0.05$ ). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της κολύμβησης χωρίς χεράκια και της κολύμβησης με μεγάλα χεράκια καθώς και μεταξύ της κολύμβησης με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 12 και Πίνακας 2).



Σχήμα 12. Συχνότητα χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

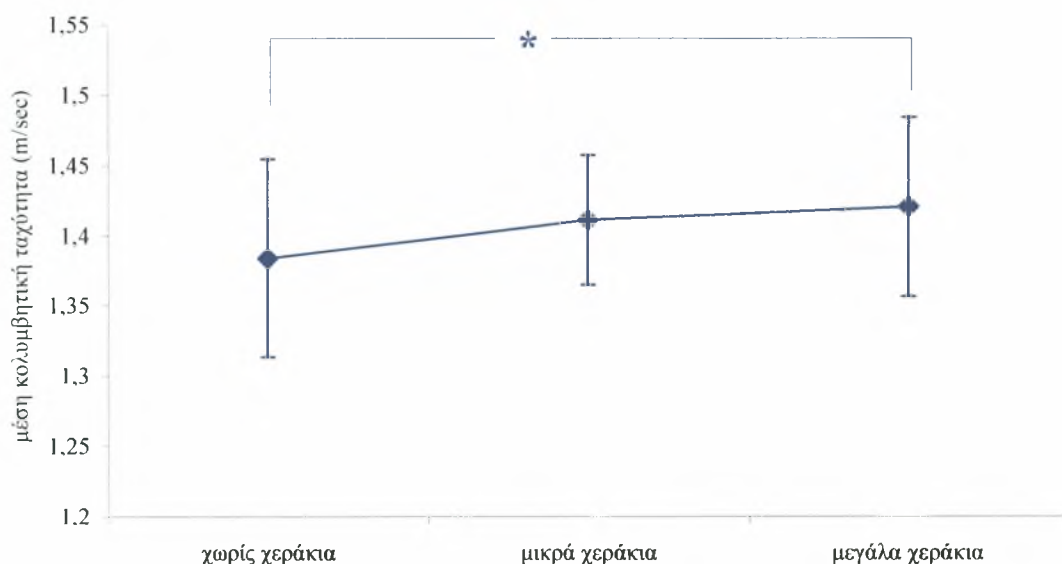
Πίνακας 2. Συχνότητα χεριάς (cycles/sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
0.791 ± 0.070	0.761 ± 0.560	0.718 ± 0.071	14.724*

\*  $p < 0.05$

### Μέση κολυμβητική ταχύτητα

Στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης», διαπιστώθηκε και στη μέση κολυμβητική ταχύτητα ( $F_{(2,18)}=4.863, p<0.05$ ), καθώς από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 3. Ωστόσο, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, στατιστικά σημαντικές διαφορές προέκυψαν μόνο μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 13 και Πίνακας 3).



Σχήμα 13. Μέση κολυμβητική ταχύτητα κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά κολυμβητικά χεράκια και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια.

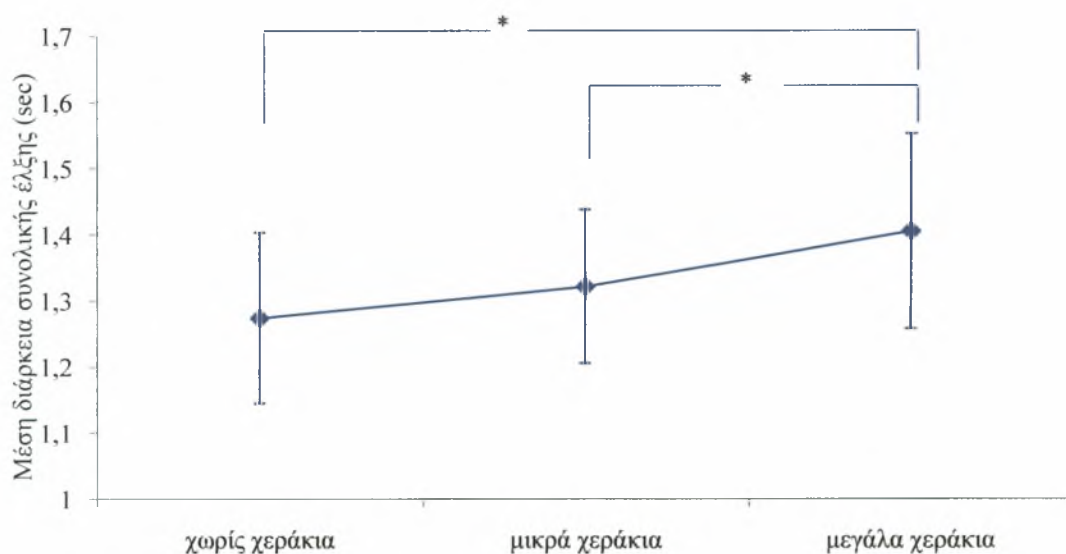
Πίνακας 3. Μέση κολυμβητική ταχύτητα (m/sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	F τιμή
1.384 ± 0.078	1.411 ± 0.046	1.420 ± 0.064	4.863*

\*  $p < 0.05$

### Μέση συνολική διάρκεια χεριάς

Ως προς την μέση συνολική διάρκεια της χεριάς (από την είσοδο του χεριού στο νερό έως την είσοδο του και πάλι) διαπιστώθηκε από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=18.133$ ,  $p<0.05$ ), έτσι απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 4. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, προέκυψαν ωστόσο στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, καθώς και μεταξύ της κολύμβησης με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 14 και Πίνακας 4).



Σχήμα 14. Μέση συνολική διάρκεια της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 4. Μέση συνολική διάρκεια της χεριάς (sec)

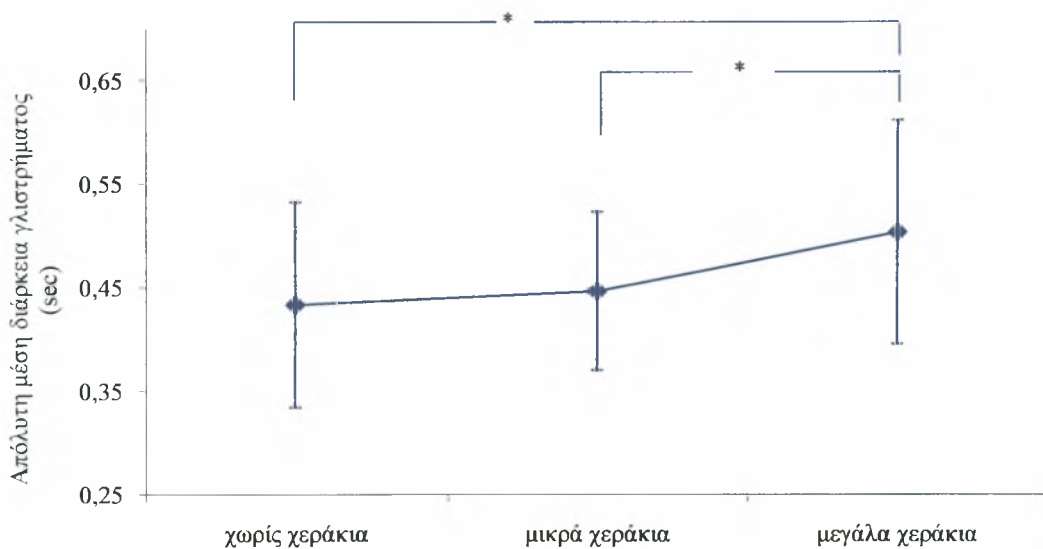
Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
1.274 ± 0.128	1.321 ± 0.115	1.405 ± 0.147	16.451*

\*  $p < 0.05$



### Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια γλιστρήματος

Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 5, αφού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=7.173, p<0.05$ ), στη μέση διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος, από την είσοδο του χεριού στο νερό έως την μέγιστη μετατόπιση του στον επιμήκη άξονα Υ. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, όσο και μεταξύ της κολύμβησης με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 15 και Πίνακας 5).



Σχήμα 15. Μέση απόλυτη διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

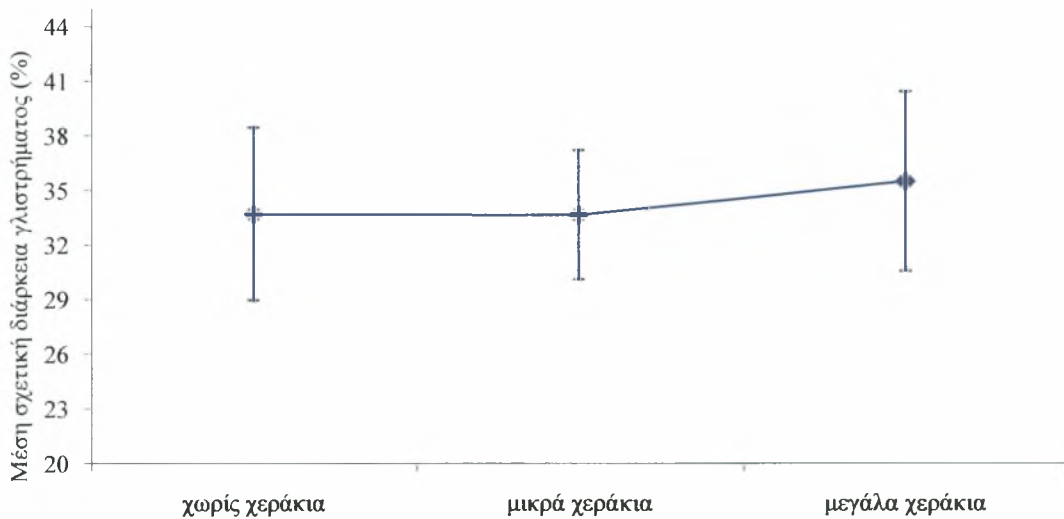
Πίνακας 5. Μέση απόλυτη διάρκεια γλιστρήματος (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	F τιμή
0.433 ± 0.988	0.446 ± 0.076	0.503 ± 0,107	9.289*

\*  $p < 0.05$

Απ' την άλλη, εκφράζοντας τη μέση διάρκεια του γλιστρήματος ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς, από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες

μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures) έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 6, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=2.585, p>0.05$ ), στη μέση σχετική διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος (Σχήμα 16 και Πίνακας 6).



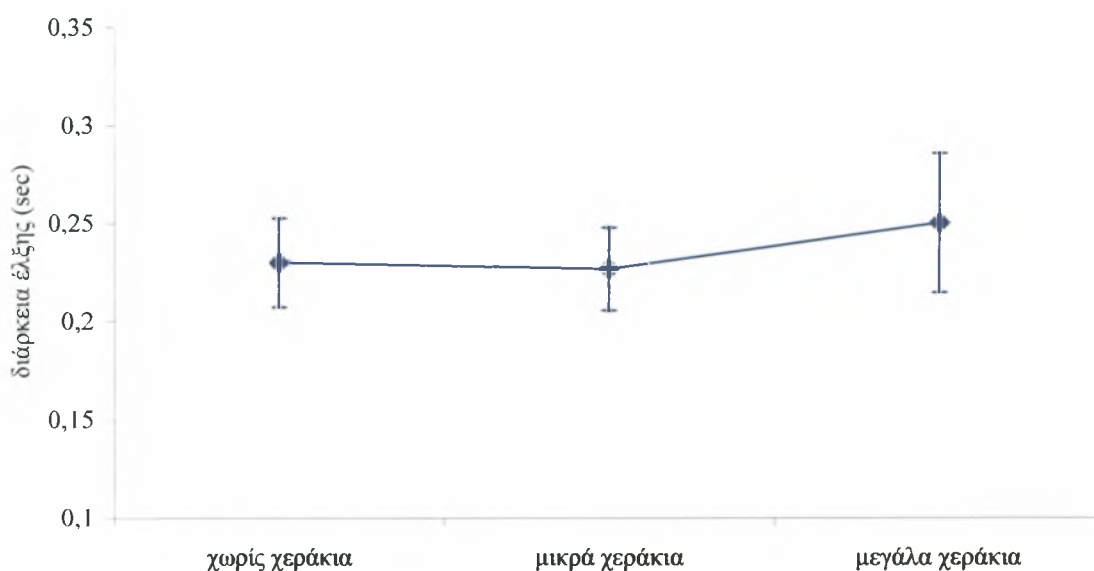
Σχήμα 16. Μέση σχετική διάρκεια του γλιστρήματος του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 6. Μέση σχετική διάρκεια γλιστρήματος (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
33.701 ± 4.730	33.649 ± 3.541	35.525 ± 4.918	3.617

### Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια έλξης

Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures) έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 7, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=2.029, p>0.05$ ), στη μέση διάρκεια της φάσης της έλξης, δηλαδή από τη μέγιστη μετατόπιση του χεριού στον επιμήκη άξονα Y, που καθορίζει την ολοκλήρωση του γλιστρήματος, έως το σημείο «ταύτισής» του με την άρθρωση του ώμου, στον επιμήκη άξονα Y (Σχήμα 17 και Πίνακας 7).



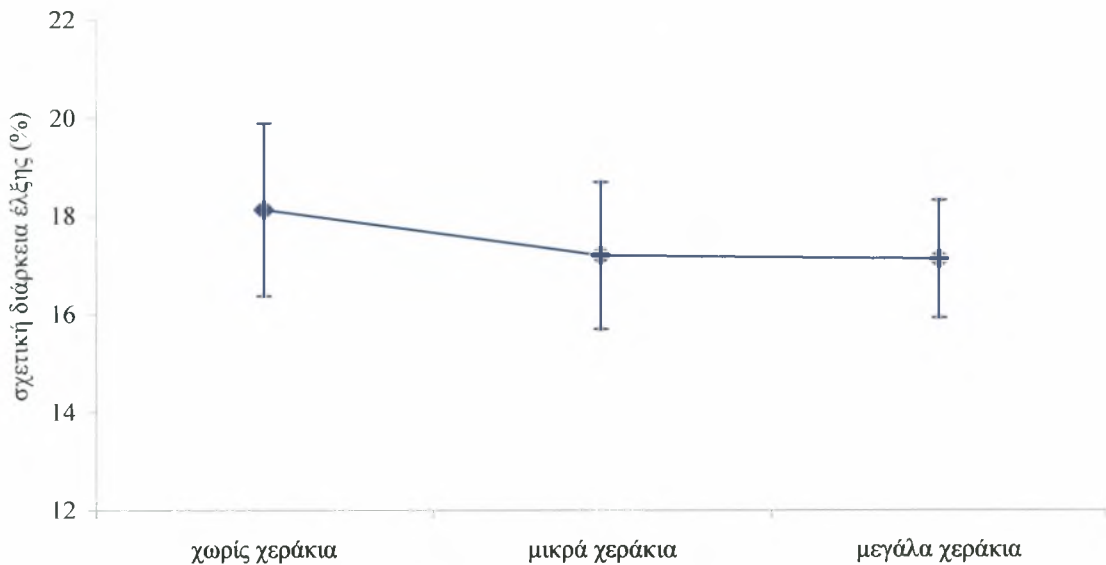
Σχήμα 17. Μέση απόλυτη διάρκεια της φάσης έλξης κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 7. Μέση απόλυτη διάρκεια έλξης (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	F τιμή
0.230 ± 0.027	0.226 ± 0.021	0.250 ± 0.035	2.625

Κάτι ανάλογο διαπιστώθηκε και σ' ότι αφορά τη μέση σχετική διάρκεια της έλξης, εκφράζοντάς την ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς, από την είσοδο του χεριού στο νερό, έως την είσοδο του και πάλι. Συγκεκριμένα, από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 8, αφού δεν

διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=0.425$ ,  $p>0.05$ ), στη μέση σχετική διάρκεια της φάσης της έλξης (Σχήμα 18 και Πίνακας 8).



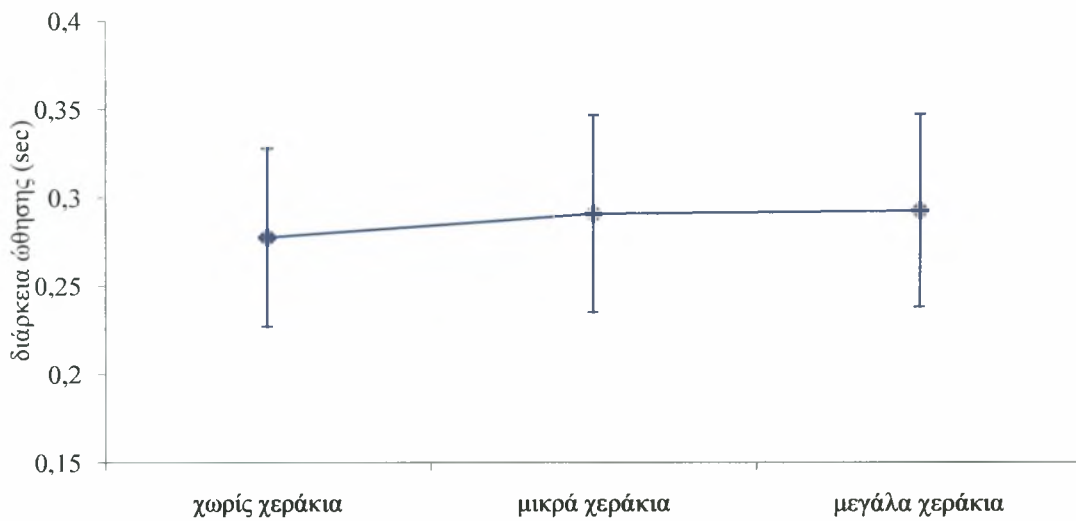
Σχήμα 18. Μέση σχετική διάρκεια της φάσης έλξης του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 8. Μέση σχετική διάρκεια της έλξης (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	$F$ τιμή
18.127 ± 1.760	17.194 ± 1.194	17.130 ± 1.193	0.142

## Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια ώθησης

Ως προς την μέση απόλυτη διάρκεια της φάσης ώθησης, δηλαδή από τη χρονική στιγμή «ταύτισης» του χεριού με την άρθρωση του ώμου στον επιμήκη άξονα Y έως την έξοδο του από το νερό, από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 9, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=0.528, p>0.05$ ) (Σχήμα 19 και Πίνακας 9).

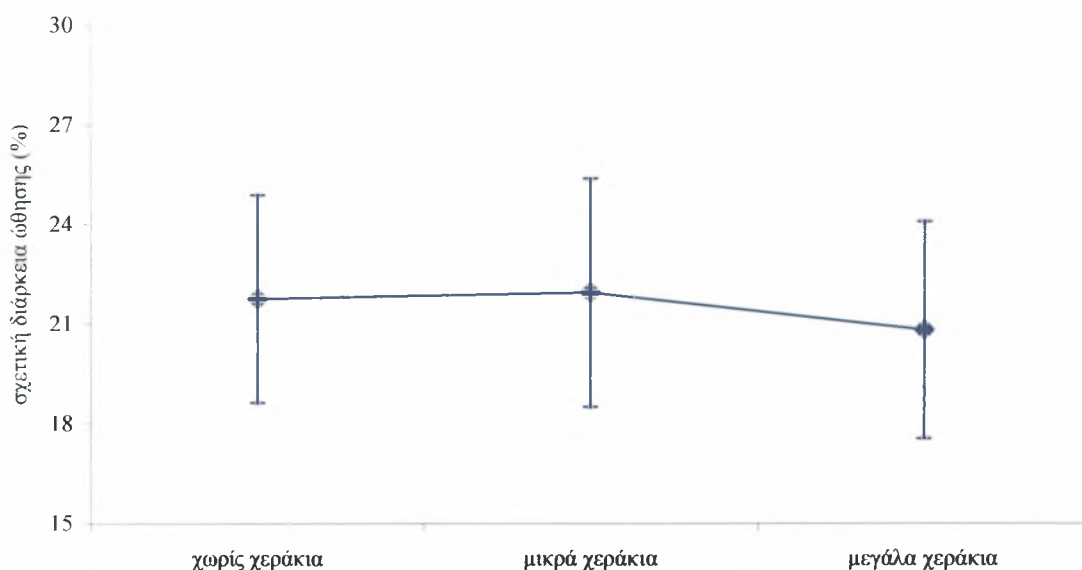


Σχήμα 19. Μέση απόλυτη διάρκεια της φάσης ώθησης κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 9. Μέση απόλυτη διάρκεια ώθησης (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
0.277 ± 0.050	0.290 ± 0.055	0.292 ± 0.054	1.635

Σχετικά με τη μέση σχετική διάρκεια της φάσης ώθησης, εκφράζοντας την διάρκεια ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς, από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 10, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=1.558, p>0.05$ ), (Σχήμα 20 και Πίνακας 10).



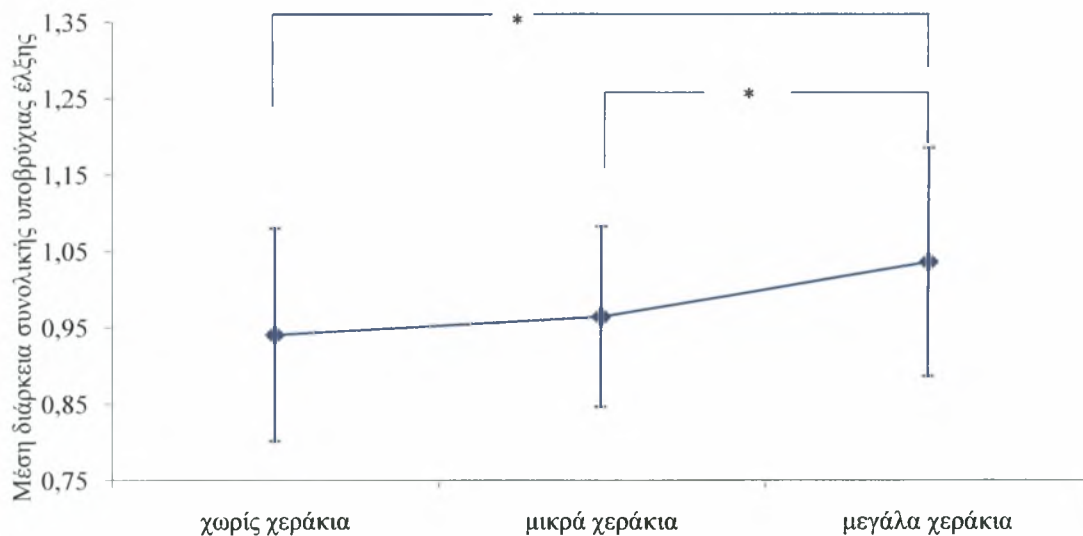
Σχήμα 20. Μέση σχετική διάρκεια της ώθησης του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 10. Μέση σχετική διάρκεια της ώθησης (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
21.761 ± 3.124	21.944 ± 3.432	20.835 ± 3.265	1.963

### Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης

Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 11, αφού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=12.831, p<0.05$ ), στη μέση συνολική διάρκεια της υποβρύχιας έλξης του χεριού, από την είσοδό του έως την έξοδο του από το νερό. Εφαρμόζοντας το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, διαπιστώθηκαν ωστόσο στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ της κολύμβησης χωρίς κολυμβητικά χεράκια και της κολύμβησης με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, καθώς και μεταξύ της κολύμβησης με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 21 και Πίνακας 11).



Σχήμα 21. Μέση απόλυτη διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

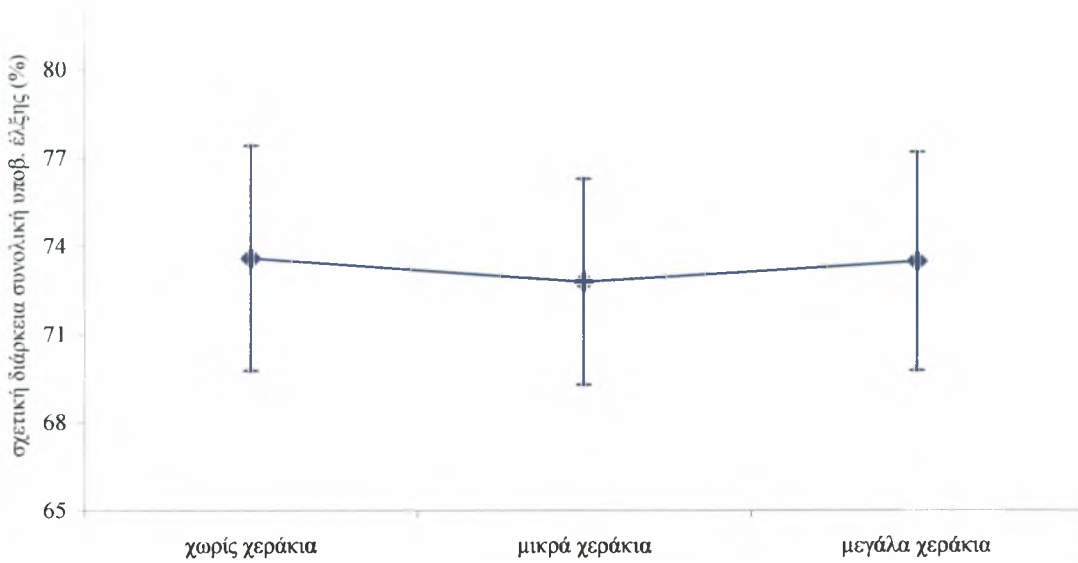
Πίνακας 11. Μέση απόλυτη διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	F τιμή
0.940 ± 0.138	0.964 ± 0.118	1.035 ± 0.149	10.566*

\*  $p < 0.05$

Απ' την άλλη, εκφράζοντας τη μέση διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς, από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated

Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 12, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=2.331$ ,  $p>0.05$ ), (Σχήμα 22 και Πίνακας 12).



Σχήμα 22. Μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

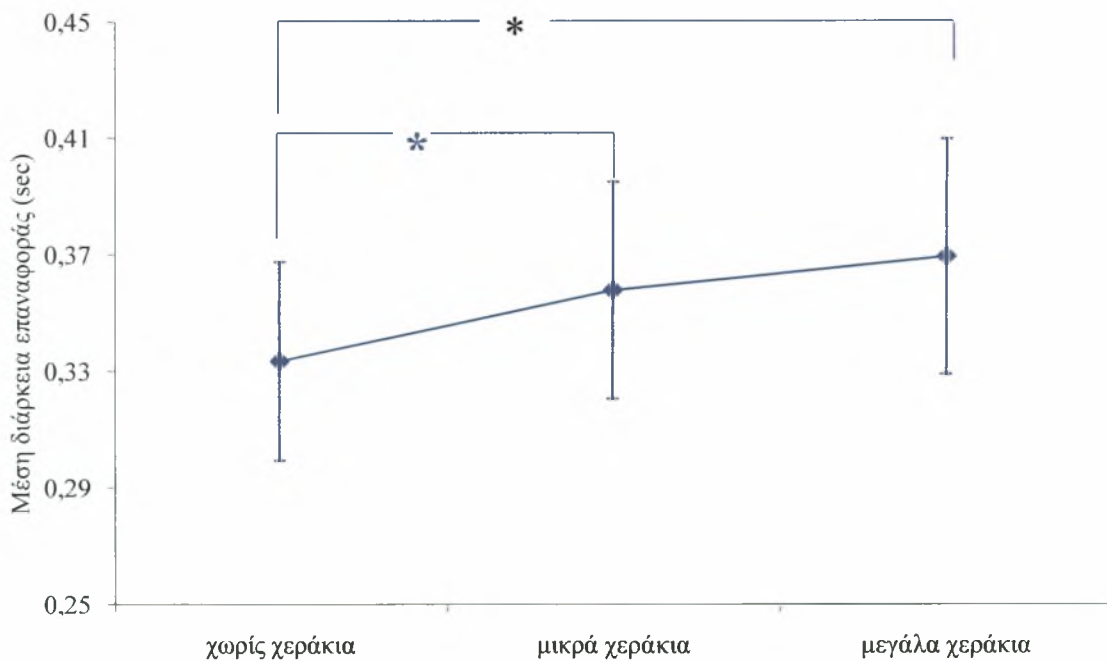
**Πίνακας 12.** Μέση σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης του χεριού (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
73.589 ± 3.830	72.788 ± 3.501	73.491 ± 3.715	1.104



### Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια επαναφοράς

Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 13, αφού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=6.573, p<0.05$ ), στη μέση διάρκεια επαναφοράς του χεριού έξω από το νερό, η οποία ορίζεται από την ολοκλήρωση της φάσης της υποβρύχιας έλξης και την χρονική στιγμή της εξόδου του χεριού από το νερό έως την επόμενη είσοδό του. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, όσο και μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και με μικρά κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 23 και Πίνακας 13).



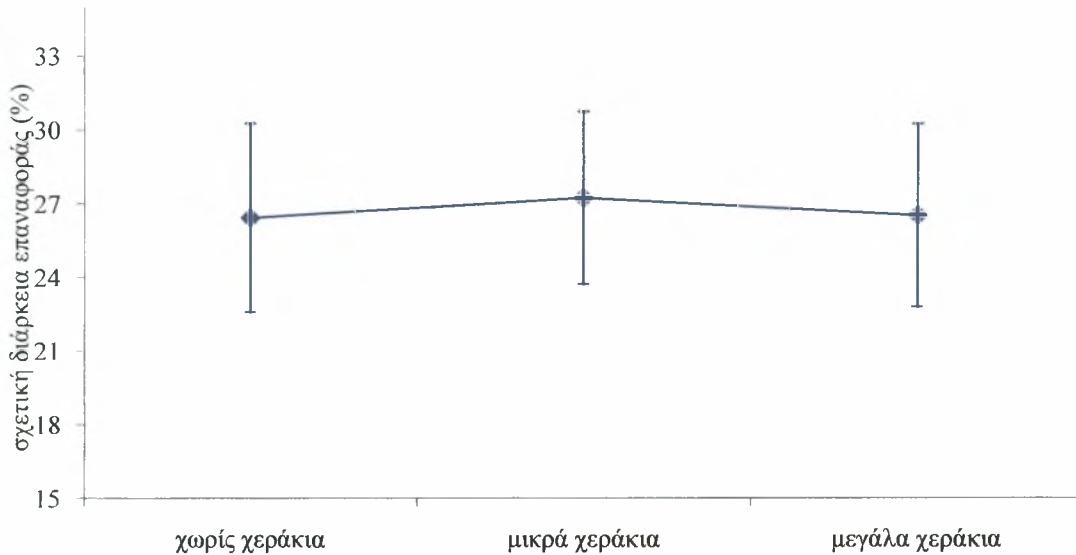
Σχήμα 23. Μέση απόλυτη διάρκεια της επαναφοράς του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας.13 Μέση απόλυτη διάρκεια επαναφοράς του χεριού (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	F τιμή
0.333 ± 0.034	0.357 ± 0.037	0.369 ± 0.040	12.241*

\*  $p < 0.05$

Εκφράζοντας την μέση διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς, από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 14, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=2.331, p>0.05$ ), στη σχετική διάρκειά της (Σχήμα 24 και Πίνακας 14).



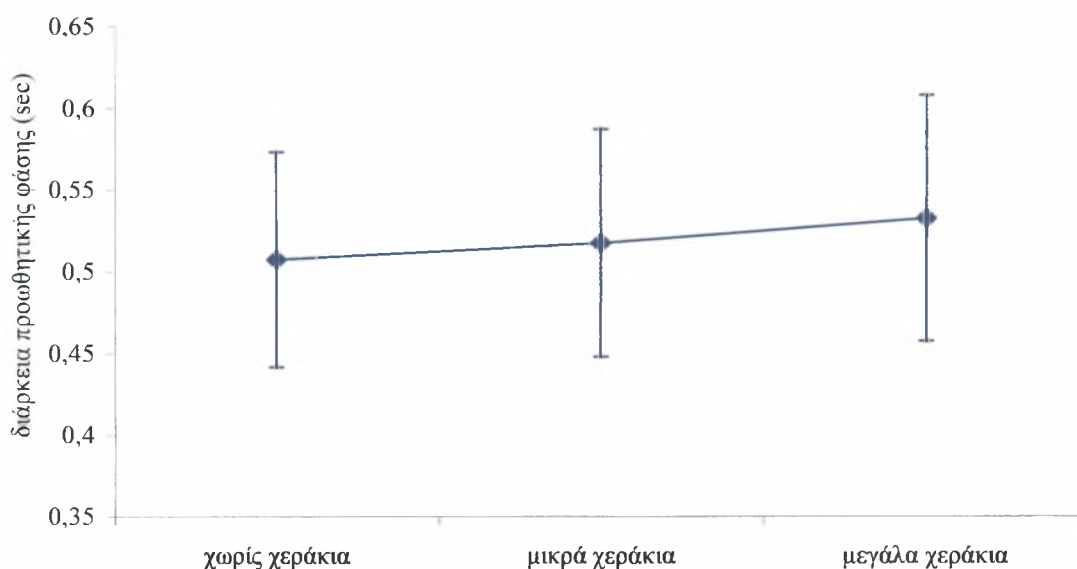
Σχήμα 24. Μέση σχετική διάρκεια της επαναφοράς του χεριού έξω από το νερό κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 14. Μέση σχετική διάρκεια της επαναφοράς του χεριού έξω από το νερό (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
26.401 ± 3.830	27.211 ± 3.501	26.508 ± 3.715	1.104

### Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης

Σ' ότι αφορά τη μέση διάρκεια της προωθητικής φάσης, που περιλαμβάνει τις φάσεις της έλξης και της ώθησης, εφαρμόζοντας την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 15, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=2.131$ ,  $p>0.05$ ) (Σχήμα 25 και Πίνακας 15).

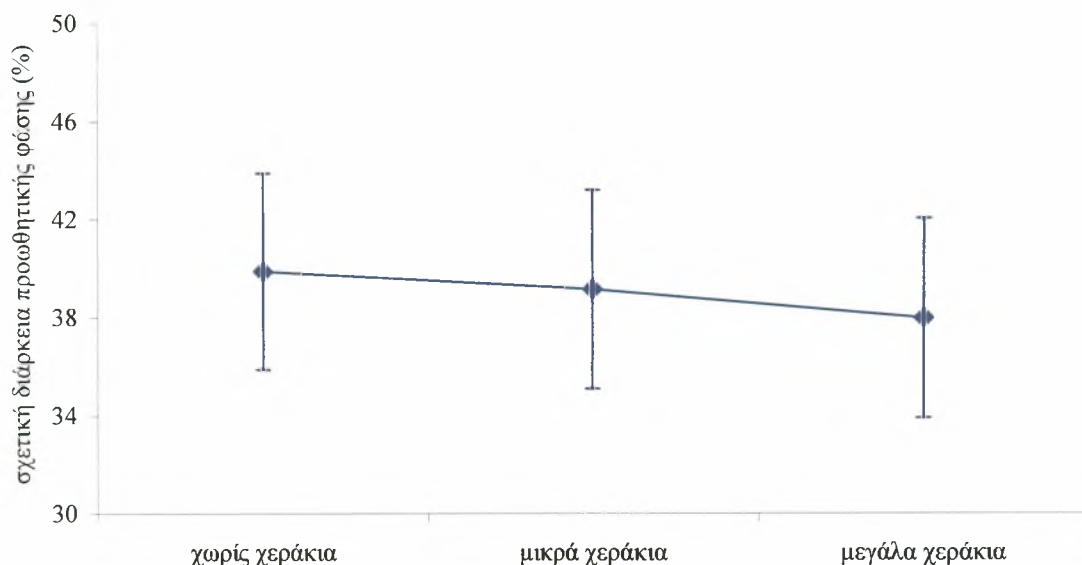


Σχήμα 25. Μέση απόλυτη διάρκεια της προωθητικής φάσης κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 15. Μέση απόλυτη διάρκεια προωθητικής φάσης (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
0.507 ± 0.065	0.517 ± 0.069	0.532 ± 0.075	3.193

Ομοίως προέκυψε και σε ότι αφορά τη μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης εκφράζοντας την ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς. Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 16, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης»  $F_{(2,18)}=1.997, p>0.05$ ), στη μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης (Σχήμα 26 και Πίνακας 16).



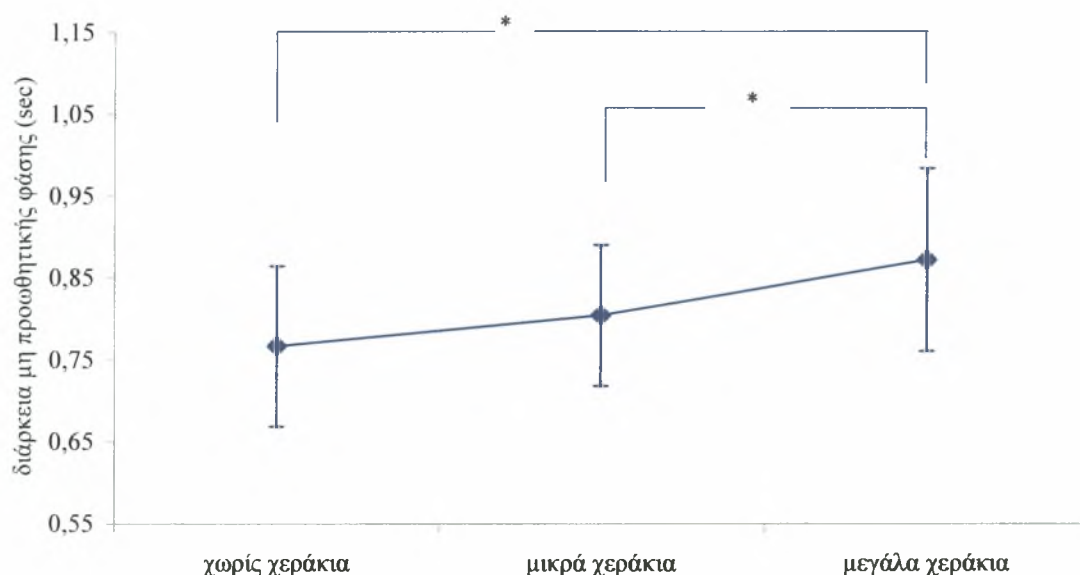
Σχήμα 26. Μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 16. Μέση σχετική διάρκεια της προωθητικής φάσης (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
39.888 ± 4.001	39.138 ± 4.046	37.966 ± 4.064	3.979

### Μέση απόλυτη και μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης

Εφαρμόζοντας ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση αριθμός 17, αφού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=10.059, p<0.05$ ), στη μέση διάρκεια της μη προωθητικής φάσης που περιλαμβάνει το γλίστρημα και την επαναφορά. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν ωστόσο στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ της κολύμβησης χωρίς κολυμβητικά χεράκια και της κολύμβησης με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, και μεταξύ της κολύμβησης με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 27 και Πίνακας 17).



Σχήμα 27. Μέση απόλυτη διάρκεια της μη προωθητικής φάσης κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

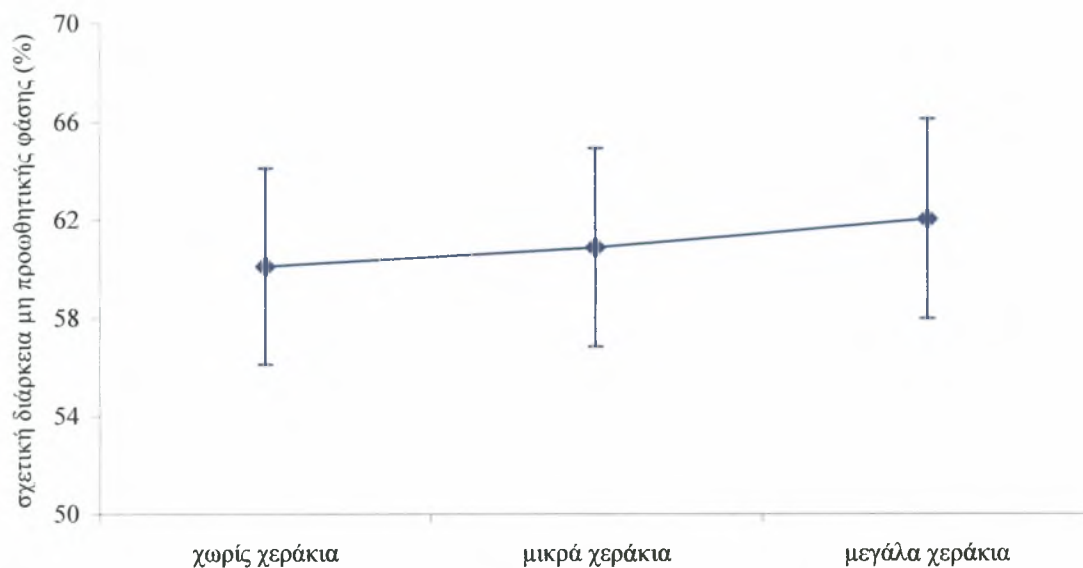
Πίνακας 17. Μέση απόλυτη διάρκεια μη προωθητικής φάσης (sec)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
0.766 ± 0.098	0.804 ± 0.086	0.872 ± 0.111	14.681*

\*  $p < 0.05$

Αντίθετα, εκφράζοντας τη μέση διάρκεια της μη προωθητικής φάσης ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας της χεριάς, από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures),

έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 18, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=1.997, p>0.05$ ) (Σχήμα 28 και Πίνακας 18).



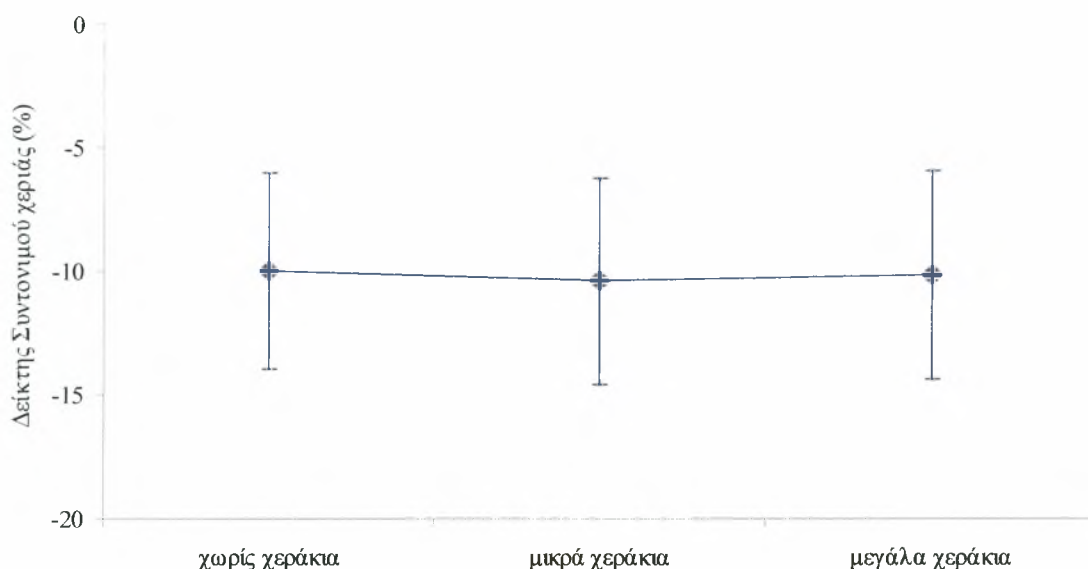
Σχήμα 28. Μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 18. Μέση σχετική διάρκεια της μη προωθητικής φάσης (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	<i>F</i> τιμή
60.111 ± 4.001	60.861 ± 4.046	62.033 ± 4.064	3.979

### Δείκτης Συντονισμού χεριάς

Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα (ANOVA Repeated Measures), έγινε αποδεχτή η μηδενική υπόθεση αριθμός 19, αφού δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη μέτρησης» ( $F_{(2,18)}=0.112$ ,  $p>0.05$ ), στο δείκτη συντονισμού της χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς κολυμβητικά χεράκια και την κολύμβηση με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια (Σχήμα 29 και Πίνακας 19).



Σχήμα 29. Δείκτης συντονισμού χεριάς κατά την κολύμβηση χωρίς χεράκια, με μικρά χεράκια και με μεγάλα χεράκια.

Πίνακας 19. Δείκτης Συντονισμού χεριάς (%)

Χωρίς κολυμβητικά χεράκια	Μικρά κολυμβητικά χεράκια	Μεγάλα κολυμβητικά χεράκια	$F$ τιμή
-10.028 ± 3.957	-10.424 ± 4.152	-10.191 ± 4.211	0.112

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα διατριβή σχεδιάστηκε έτσι ώστε να διερευνηθούν οι τυχόν διαφοροποιήσεις στο δείκτη συντονισμού της χεριάς, όταν χρησιμοποιούνται κολυμβητικά χεράκια διαφορετικού μεγέθους.

### *Μήκος και συχνότητα χεριάς*

Οι Craig & Pendergast (1979), αναφέρουν πως η κολυμβητική ταχύτητα ως γινόμενο του μήκους (SL) και της συχνότητας της χεριάς (SR) επηρεάζεται άμεσα από τις μεταβολές αυτών των δύο χαρακτηριστικών. Στην παρούσα έρευνα η μέση κολυμβητική ταχύτητα μεταβλήθηκε κυρίως λόγω της μεταβολής του μέσου μήκους χεριάς. Κολυμπώντας με κολυμβητικά χεράκια, τόσο με μεγάλα όσο και με μικρά, διαφοροποιήθηκε στατιστικά σημαντικά το μέσο μήκος και η συχνότητα χεριάς. Αναλυτικά, κολυμπώντας με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια το μέσο μήκος χεριάς αυξήθηκε 13% (1,759m χωρίς χεράκια και 1,989m με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια), ενώ η συχνότητα χεριάς μειώθηκε 10,6% (0,791cycles/min χωρίς χεράκια και 0,718cycles/min με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω μεταβολών στο μήκος και τη συχνότητα χεριάς η μέση κολυμβητική ταχύτητα αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά κατά 2,6% (1,384m/sec χωρίς χεράκια και 1,420m/sec με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια). Απ' την άλλη κολυμπώντας με μικρά κολυμβητικά χεράκια το μέσο μήκος χεριάς αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά κατά 5,91% (1,759m χωρίς χεράκια και 1,863m με μικρά κολυμβητικά χεράκια). Αντίθετα η συχνότητα της χεριάς μειώθηκε, αλλά όχι στατιστικά σημαντικά κατά 3,79% (0,791cycles/min χωρίς χεράκια και 0,761cycles/min με μικρά κολυμβητικά χεράκια). Παρά λοιπόν την στατιστικά σημαντική αύξηση του μέσου μήκους χεριάς, η μέση κολυμβητική ταχύτητα αυξήθηκε ελάχιστα και όχι στατιστικά σημαντικά κατά 1,95% (1,384m/sec χωρίς χεράκια και 1,411m/sec με μικρά κολυμβητικά χεράκια).

Συμπερασματικά λοιπόν μπορεί να ειπωθεί ότι κολυμπώντας με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια η μέση κολυμβητική ταχύτητα αυξάνεται στατιστικά σημαντικά λόγω της μεγάλης και στατιστικά σημαντικής αύξησης του μέσου μήκους χεριάς, παρά την σημαντική μείωση της συχνότητας χεριάς. Αντίθετα κολυμπώντας με μικρά κολυμβητικά



χεράκια παρά την στατιστικά σημαντική αύξηση του μέσου μήκους χεριάς, που συνοδεύτηκε από μια μείωση όχι στατιστικά σημαντική της συχνότητας χεριάς, η μέση κολυμβητική ταχύτητα αυξάνεται αλλά όχι στατιστικά σημαντικά. Προφανώς αυτή η μη στατιστικά σημαντική αύξηση της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας οφείλεται στο γεγονός ότι αύξηση του μέσου μήκους χεριάς δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλη.

Σύμφωνα με τον Maglischo (2003), για να είναι αποτελεσματική η προπόνηση με κολυμβητικά χεράκια θα πρέπει οι κολυμβητές να διατηρούν ή να αυξάνουν τη συχνότητα της χεριάς τους. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια, επιλέγοντας αυθαίρετα το μέγεθος τους, κρίνεται ως προς την αποτελεσματικότητα της αν χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος προπόνησης για την αύξηση της κολυμβητικής ταχύτητας. Η κολυμβητική ταχύτητα, εξαρτάται από τις προωθητικές δυνάμεις οι οποίες τείνουν να επιταχύνουν τον κολυμβητή και τις δυνάμεις αντίστασης οι οποίες τείνουν να τον επιβραδύνουν. Οι κολυμβητές δηλαδή βασίζονται στις δυνάμεις που παράγονται μέσα στο νερό, ως αντίδραση των ενεργειών του κολυμβητή μέσα σ' αυτό. Ο Counsilman (1968) έδειξε ότι ο κολυμβητής για να προωθηθεί προς τα εμπρός δεν χρειάζεται να κινεί το χέρι του μόνο προς τα πίσω. Πλάγιες κινήσεις των χεριών προς τα μέσα και προς τα έξω μπορούν επίσης να συνεισφέρουν στη προωθητική δύναμη εξαιτίας των δυνάμεων ανύψωσης που παράγονται απ' αυτές.

Ο Schleihauf (1979) παρουσίασε ότι οι προωθητικές δυνάμεις οι οποίες ενεργούν στην παλάμη του κολυμβητή είναι ανάλογες προς το μέγεθος και την ταχύτητα της. Ο Toussaint και τους συνεργάτες του (1991) έδειξαν ότι χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια, αυξάνεται η επιφάνεια προώθησης του κολυμβητή με αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικής προώθησης ανά κύκλο χεριάς κατά 7,8%. Αναφέρουν επίσης αύξηση του μήκους χεριάς σε ποσοστό της τάξης του 17%. Παρομοίως ο Kjendlie και οι συνεργάτες του (2003), αναφέρουν ότι το μήκος χεριάς (SL) εξαρτάται από τη παραγωγή δύναμης και από την επιφάνεια προώθησης του χεριού και ο Gourgoulis και οι συνεργάτες του (2006), ότι η μέση κολυμβητική ταχύτητα αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά με τα μεγάλα κολυμβητικά χεράκια κατά 6%, και με τα μικρά 3.7%. Σε αντίθεση οι Monteil και Rouard (1990), βρήκαν ότι το μέγεθος απ' τα κολυμβητικά χεράκια δεν διαφοροποιεί τις παραμέτρους της χεριάς και την επιστράτευση των μυϊκών ινών. Επίσης οι Ogita και Tabata (1993) και Ogita (1999), αναφέρουν ότι η γρηγορότερη κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια δεν έχει σαν αποτέλεσμα την διαφοροποίηση των μεταβολικών

διεργασιών στον κολυμβητή, με αποτέλεσμα να συμπεραίνουν ότι στην κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια αυξάνεται η αποτελεσματική προώθηση του κάθε κύκλου χεριάς.

Στην παρούσα έρευνα όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η συχνότητα χεριάς των κολυμβητριών χωρίς κολυμβητικά χεράκια ήταν 0,791cycles/sec, ενώ μειώθηκε στους 0,761cycles/sec με μικρά κολυμβητικά χεράκια και 0,718cycles/sec με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια. Η συχνότητα χεριάς που ανέφεραν ο Chollet και οι συνεργάτες του. (2000) για κολυμβητές υψηλού επιπέδου, ήταν 0,863cycles/sec, ενώ οι Chatard, Collomp, Maglischo & Maglischo (1990) παρουσίασαν συχνότητα χεριάς υψηλού επιπέδου κολυμβητών 0,84cycles/sec και μέσου επιπέδου κολυμβητών 0,733cycles/sec.

## Χρονική διάρκεια των επιμέρους φάσεων

Μιλώντας για τις επιμέρους φάσεις της χεριάς μπορούμε να διακρίνουμε σε ένα κύκλο χεριάς προωθητικές και μη προωθητικές φάσεις (Σχήμα 30). Τις μη προωθητικές φάσεις αποτελούν η φάση Α (είσοδος και πιάσιμο) και η φάση Δ (επαναφορά), ενώ τις προωθητικές φάσεις αποτελούν οι φάσεις Β (έλξη) και Γ (ώθηση).



- A : Μη-προωθητική υποβρύχια φάση: ΕΙΣΟΔΟΣ ΓΛΙΣΤΡΗΜΑ  
B : Προωθητική υποβρύχια φάση: ΕΛΞΗ  
Γ : Προωθητική υποβρύχια φάση: ΩΘΗΣΗ  
Δ : Μη-προωθητική εναέρια φάση: ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ

Σχήμα 30:Επιμέρους φάσεις κύκλου χεριάς

Ως προς την μέση συνολική διάρκεια της χεριάς, στη συγκεκριμένη έρευνα διαπιστώθηκε αύξηση στη συνολική διάρκεια της χεριάς τόσο με μεγάλα ( $268\text{cm}^2$ ) όσο και με μικρά ( $116\text{cm}^2$ ) κολυμβητικά χεράκια. Με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια η διάρκεια της συνολικής χεριάς αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά κατά 10,28% (1,274sec χωρίς κολυμβητικά χεράκια και 1,405sec με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια). Με μικρά κολυμβητικά χεράκια αντίθετα να μην αυξήθηκε η διάρκεια της συνολικής χεριάς κατά 3,68% (1,274sec χωρίς χεράκια και 1,321sec με μικρά κολυμβητικά χεράκια), αλλά όχι στατιστικά σημαντικά.

Στατιστικά σημαντική αύξηση παρουσιάστηκε στη μέση διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης (απ' την είσοδο του χεριού στο νερό ως την έξοδο του απ' αυτό) μεταξύ της κολύμβησης χωρίς κολυμβητικά χεράκια και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια όπως και μεταξύ της κίνησης με μικρά και μεγάλα κολυμβητικά χεράκια. Αναλυτικότερα, η μέση διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας έλξης, με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, αυξήθηκε σε ποσοστό 10,1% (0,940sec χωρίς και 1,035sec με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια) και σε ποσοστό 7,36% (0,964sec με μικρά και 1,035sec με μεγάλα κολυμβητικά

χεράκια). Κατά την κίνηση με μικρά κολυμβητικά χεράκια, δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση.

Χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια μικρότερου μεγέθους ( $222\text{cm}^2$ – $250\text{cm}^2$ ), οι Stoner και Luedtke (1980), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στην κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια αυξάνεται σημαντικά ο συνολικός χρόνος της χεριάς. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζουν οι Monteil και Rouard (1994), οι οποίοι αναφέρουν ότι με κολυμβητικά χεράκια μεσαίου μεγέθους ( $264\text{cm}^2$ ) αυξάνεται η συνολική διάρκεια της χεριάς. Οι ίδιοι ερευνητές, (Monteil & Rouard, 1990) είχαν διαπιστώσει ότι ο συνολικός χρόνος έλξης με κολυμβητικά χεράκια τριών διαφορετικών μεγεθών:  $96\text{cm}^2$ ,  $224\text{cm}^2$  και  $374\text{cm}^2$ , αυξάνεται σε σχέση με τη διάρκεια έλξης χωρίς κολυμβητικά χεράκια από 1.59sec σε 1.72sec (μέσος χρόνος και των τριών μεγεθών) λόγω του ότι, αυξάνεται η αντίσταση του νερού, που ασκείται στον κολυμβητή. Ο Gourgoulis και οι συνεργάτες του, (2006) αντίθετα, διατηρώντας σταθερή συχνότητα έλξης, αναφέρουν ότι ο συνολικός χρόνος της χεριάς δεν διαφοροποιήθηκε με κολυμβητικά χεράκια μικρού ( $116\text{cm}^2$ ) και μεγάλου ( $311\text{cm}^2$ ) μεγέθους, καθώς και ότι δεν διαφοροποιείται και η σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων. Το συγκεκριμένο εύρημα αποδίδεται στη σταθερή συχνότητα χεριάς που διατηρούσαν οι κολυμβητές.

Διακρίνοντας τις φάσεις της χεριάς σε προωθητικές (είσοδος - πιάσιμο και επαναφορά) και μη προωθητικές (έλξη και ώθηση), απ' τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο στη διάρκεια των μη προωθητικών φάσεων της χεριάς. Αναλυτικά στις μη προωθητικές φάσεις της χεριάς παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική αύξηση, της διάρκειας τους ανάμεσα στην κολύμβηση χωρίς και στην κολύμβηση με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια σε ποσοστό 13,8% ( $0,766\text{sec}$  χωρίς και  $0,872\text{sec}$  με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια). Επίσης στατιστικά σημαντική αύξηση της διάρκειας των μη προωθητικών φάσεων παρουσιάστηκε και μεταξύ της κολύμβησης με μικρά και της κολύμβησης με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια σε ποσοστό 8,45% ( $0,804\text{sec}$  με μικρά και  $0,872\text{sec}$  με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια). Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ μικρή αύξηση, μη στατιστικά σημαντική, στη διάρκεια των προωθητικών φάσεων.

Παίρνοντας ξεχωριστά τις επιμέρους φάσεις της εισόδου και του πιασίματος (γλίστρημα) και τη φάση της επαναφοράς, παρατηρείται ότι η μέση διάρκεια του γλιστρήματος αυξάνεται στατιστικά σημαντικά χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια

μεγάλου μεγέθους σε ποσοστό 16,16% (0,433sec χωρίς και 0,503sec με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια), ενώ η διάρκεια της φάσης της επαναφοράς αυξάνεται στατιστικά σημαντικά τόσο με τα μικρά όσο και με τα μεγάλα κολυμβητικά χεράκια σε ποσοστά 7,2% και 10,8% αντίστοιχα (0,333sec χωρίς-0,357sec με μικρά και 0,369sec με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια). Μικρή, μη στατιστικά σημαντική, αύξηση παρουσιάστηκε μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και της κολύμβησης με μικρά κολυμβητικά χεράκια.

Παίρνοντας τα αποτελέσματα βάσει της ποσοστιαίας συνεισφοράς των προωθητικών και μη προωθητικών φάσεων της χεριάς διαπιστώνεται μη στατιστικά σημαντική μείωση ως προς τη συνεισφορά των προωθητικών φάσεων και μη στατιστικά σημαντική αύξηση των μη προωθητικών φάσεων. Αναλυτικά η ποσοστιαία συνεισφορά της φάσης του γλιστρήματος στη συνολική έλξη ήταν 33,7% χωρίς, 33,649% με μικρά και 35,525% με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια, ενώ η φάση της επαναφοράς 26,4%, 27,21 και 26,5 αντίστοιχα. Η ποσοστιαία συνεισφορά των φάσεων της έλξης και της ώθησης ήταν, 18,12% χωρίς, 17,19% με μικρά και 17,13% με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια και 21,76%, 21,94% και 20,83% αντίστοιχα.

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έρχονται τα αποτελέσματα της έρευνας του Sidney και των συνεργατών του (2002), οι οποίοι αναφέρουν στατιστικά σημαντική αύξηση της ποσοστιαίας συνεισφοράς της φάσης της ώθησης μεταξύ της κολύμβησης χωρίς και της κολύμβησης με κολυμβητικά χεράκια μεγάλου μεγέθους, χρησιμοποιώντας όμως κολυμβητικά χεράκια πολύ μεγαλύτερου μεγέθους (360cm<sup>2</sup>). Επίσης οι ίδιοι ερευνητές παρουσιάζουν μείωση της ποσοστιαίας συνεισφοράς των μη προωθητικών φάσεων στη συνολική έλξη, καθώς και σχετική αύξηση της ποσοστιαίας συνεισφοράς των προωθητικών φάσεων. Παρομοίως οι Keskinen και Komi (1993), σε ένα δείγμα 10 κολυμβητών υψηλού επιπέδου, έδειξαν ότι καθώς αυξάνεται η κολυμβητική ταχύτητα (μεταξύ 1,1m/sec και 1,8m/sec), ταυτόχρονα, μειώνεται η διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος και αυξάνεται η διάρκεια των προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης.

Οι Chollet, Chalies και Chatard (2000), ανέλυσαν τις επιμέρους φάσεις της χεριάς βάσει της κολυμβητικής ταχύτητας και του επιπέδου των 53 κολυμβητών, τους οποίους χώρισαν σε τρία γκρουπ με βάση το επίπεδό τους. Οι κολυμβητές αυξάνοντας σταδιακά την κολυμβητική τους ταχύτητα ανάλογα με την αγωνιστική ταχύτητα των αποστάσεων

των 800m-100m και 50m, αύξησαν στατιστικά σημαντικά την διάρκεια των προωθητικών φάσεων της χεριάς τους, κατά 43,1%-46,5% και 49,3% αντίστοιχα.

Αντίστοιχα αποτελέσματα αναφέρουν οι Seifert, Boulesteix και Chollet (2004), συγκρίνοντας 14 κολυμβητές και 10 κολυμβήτριες υψηλού επιπέδου, σε οκτώ διαφορετικές κολυμβητικές ταχύτητες (μεταξύ των ταχυτήτων των 3000m και της μέγιστης κολυμβητικής τους ταχύτητας). Τόσο τους άνδρες όσο και στις γυναίκες του δείγματος, σε όλο το φάσμα των ταχυτήτων, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική μείωση στη διάρκεια των μη προωθητικών φάσεων, καθώς επίσης στατιστικά σημαντική αύξηση της διάρκειας των προωθητικών φάσεων. Σύμφωνα με τους ερευνητές η σημαντική αυτή μείωση της διάρκειας των μη προωθητικών φάσεων οφείλεται στην δραματική μείωση της επιμέρους φάσης του γλιστρήματος. Όσο για τις προωθητικές φάσεις της χεριάς, η στατιστικά σημαντική αύξηση της διάρκειας τους οφείλεται στην ανάλογη αύξηση τόσο της φάσης της έλξης, όσο και της φάσης της ώθησης.



## Δείκτης συντονισμού χεριάς

Ως προς το δείκτη συντονισμού της χεριάς, οι μέσες τιμές του ήταν αρνητικές και για τις τρεις συνθήκες της μέτρησης υποδηλώνοντας την υιοθέτηση του μοντέλου του πιασίματος (catch-up) (Chollet et al. 2000) απ' τις κολυμβήτριες. Αναλυτικά, όταν οι κολυμβήτριες δεν χρησιμοποιούσαν κολυμβητικά χεράκια η μέση τιμή του δείκτη συντονισμού ήταν -10.028, χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια μικρού μεγέθους ανέρχονταν σε -10.424, και με τα κολυμβητικά χεράκια μεγάλου μεγέθους ήταν -10.191.

Έρευνες προηγούμενων ετών (Sidney et al. 2002; Seifert et al. 2004) παρουσιάζουν σημαντική αύξηση του δείκτη συντονισμού, για άνδρες κολυμβητές, όταν χρησιμοποιούνται κολυμβητικά χεράκια σε σχέση με την κολύμβηση χωρίς χεράκια, περιγράφοντας μια μετάβαση απ' το μοντέλο του πιασίματος (catch-up) προς τα μοντέλα της σχετικής αντίθεσης (opposition) και το μοντέλο της υπέρθεσης (superposition). Αντίθετα, στην παρούσα έρευνα, στις γυναίκες κολυμβήτριες παρατηρείται σταθερή συμπεριφορά του δείκτη συντονισμού ανεξάρτητα από το μέγεθος που είχαν τα κολυμβητικά χεράκια, διατηρώντας το μοντέλο του πιασίματος.

Σύμφωνα με τον Seifert και τους συνεργάτες του (2002), καθώς αυξάνει η κολυμβητική ταχύτητα και ο κολυμβητικός ρυθμός, οι κολυμβητές υψηλού επιπέδου αυθόρμητα και άμεσα προσαρμόζονται μεταβαίνοντας στο μοντέλο της αντίθεσης στην κολύμβηση στα σπριντ, όταν απ' την άλλη οι κολυμβήτριες προσαρμόζονται στις υψηλές ταχύτητες προοδευτικότερα, κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα να παραμένουν στο μοντέλο του πιασίματος για περισσότερο χρόνο.

Αυτή η αργή προσαρμογή των κολυμβητριών υψηλού επιπέδου σε σύγκριση με την γρήγορη μετάβαση, σε άλλο μοντέλο συντονισμού, των κολυμβητών υψηλού επιπέδου δείχνει ότι ο τρόπος με τον οποίο προσαρμόζεται και υιοθετείται το μοντέλο συντονισμού της χεριάς όταν μεταβάλλεται η κολυμβητική ταχύτητα, αποτελεί μια απ' τις παραμέτρους που μπορούν να εξηγήσουν τις διαφορές που παρατηρούνται στις επιδόσεις μεταξύ ανδρών και γυναικών (Seifert, 2004).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν απ' την παρούσα έρευνα μπορούν να συνοψιστούν στα εξής. Καθώς αυξάνεται το μέγεθος απ' τα κολυμβητικά χεράκια που χρησιμοποιούνται αυξάνεται στατιστικά σημαντικά η μέση κολυμβητική ταχύτητα, η μέση συνολική διάρκεια της χεριάς, αλλά και της συνολικής υποβρύχιας έλξης. Επίσης εξαιτίας της αύξησης της προωθητικής επιφάνειας της παλάμης των κολυμβητριών παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση του μέσου μήκους χεριάς, συνοδευμένη από μια σημαντική μείωση τη συχνότητας της χεριάς, μόνο όμως με τα κολυμβητικά χεράκια μεγάλου μεγέθους. Απ' τα αποτελέσματα της έρευνας, επίσης, δεν προκύπτει διαφοροποίηση του δείκτη συντονισμού της χεριάς. Ο δείκτης και στις τρεις συνθήκες μέτρησης (χωρίς, με μικρά και με μεγάλα κολυμβητικά χεράκια), παρά την αύξηση της κολυμβητικής ταχύτητας, διατήρησε αρνητικές τιμές οι οποίες χαρακτηρίζουν το μοντέλο συντονισμού του πιασίματος (catch up). Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί επομένως είναι ότι χρησιμοποιώντας κολυμβητικά χεράκια διαφορετικών μεγεθών, οι κολυμβήτριες, δεν είναι δυνατόν να μεταβούν απ' το μοντέλο συντονισμού του πιασίματος (catch up), στα μοντέλα της αντίθεσης (opposition) και της υπέρθεσης (superposition).

Όταν η κολυμβητική ταχύτητα και η συχνότητα της χεριάς αυξάνονται, αυξάνεται και ο δείκτης συντονισμού της χεριάς με αποτέλεσμα τη μετάβαση από το μοντέλο του πιασίματος, το οποίο αποτελεί το κυρίαρχο μοντέλο στις χαμηλές κολυμβητικές ταχύτητες και κατ' επέκταση στα αγωνίσματα μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων, στα μοντέλα της αντίθεσης και της υπέρθεσης τα οποία είναι τα κύρια μοντέλα στα σπριντ. Τα μοντέλα αυτά παρόλο που συνδέονται άμεσα με υψηλή κολυμβητική ταχύτητα, δεν είναι η αιτία επίτευξης της απ' τους κολυμβητές, αλλά η συνέπεια αυτής. Τα μοντέλα αυτά υιοθετούνται απ' τους κολυμβητές σε υψηλές τιμές ταχύτητας (πάνω από 1,8m/sec) για να μπορέσουν να υπερνικήσουν τις αυξημένες αντιστάσεις οι οποίες συνοδεύουν αυτές τις ταχύτητες.

Τελειώνοντας μπορεί να ειπωθεί ότι, συμβαδίζοντας με τη διεθνή βιβλιογραφία τα αποτελέσματα και της παρούσας έρευνας, ενισχύουν το γεγονός ότι οι κολυμβήτριες κολυμπώντας με κολυμβητικά χεράκια δεν μπορούν να μεταβούν από το ένα μοντέλο συγχρονισμού στο άλλο γιατί δεν μπορούν να διατηρήσουν υψηλή συχνότητα χεριάς. Ωστόσο, ακόμη και αν ο δείκτης συντονισμού των χεριών (IdC) μπορεί να θεωρηθεί ως παράγοντας αποτελεσματικής απόδοσης στην ελεύθερη κολύμβηση, θα ήταν λάθος να



θεωρήσουμε το μοντέλο του πιασίματος, το οποίο υιοθετείτε απ' τις κολυμβήτριες, ως χειρότερο απ' αυτά που παρατηρούνται στους κολυμβητές. Ο συντονισμός στις γυναίκες είναι αποτέλεσμα διαφορετικών κινητικών προτύπων, συνέπεια των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών τους και της κολυμβητικής ταχύτητας. Επίσης το μοντέλο του πιασίματος μπορεί να χαρακτηριστεί και ως εξατομικευμένη αντίδραση εξηγώντας τον συντονισμό που παρατηρείται κατά την κολύμβηση με κολυμβητικά χεράκια αλλά και την κολύμβηση μεγάλων αποστάσεων (Sidney, et al., 2001).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυλωνίτη, Ε. (2000). *Αθλητικές επιδόσεις στην κολύμβηση*. Αθήνα: College of Sports Sciences Press.
- Arellano R. Brown P. Cappaert I. 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
- Barthels, K. & Adrian, M. J. (eds.). (1974). Three-dimensional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers. *Swimming II* (pp. 154-160). Baltimore: University Park Press.
- Berger, M. A. M., Hollander & A. P., De Groot, G. (1995). Hydrodynamic drag and lift forces on human hand, arm models. *Journal of Biomechanics*, 28(2), 125-133.
- Berger, M. A. M., Hollander, A. P. & De Groot, G. (1999). Determining propulsive forces in frontcrawl swimming. *Medicine and Science in Sports*, 29, 97-105.
- Birrer, R. B. & Levine, R. (1987). Performance parameters in children and adolescent athletes. *Sports Medicine*, 1, 211-227.
- Boelk, A. G., Norton, I. P., Freeman, K., & Walker, A. J. (1997). Relationship of swimming power to sprint freestyle performance in females. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 29, 1255-1255.
- 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., Maglisco, E. & Maglisco, C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 11, 156-161.
- Chollet, D., Shalies, S. & Chatard, J. C. (2000). A new index of coordination for the crawl: Description and usefulness. *International Journal of Sports 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. Handbook of Sports Medicine and Science Swimming*. IOC Medical Commission Publications Advisory Committee.
- Counsilman, J. E. (1968). *The science of swimming*. Englewood Cliff: Prentice-Hal

- Counsilman, J. E. (1971). The application of Bernouilli's principle to human propulsion in water. In L. Leewillie and J. P. Clarys (Eds.), *Swimming I* (pp. 59-71). Baltimore, MD: University Park Press.
- Counsilman, J. E. (1981). Hand speed and acceleration. *Swimming technique*.18, 22-26.
- Γιάτσης, Σ., και Σαμπάνης, Μ. (1993). *Η κολύμβηση*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- De Groot, G. & Van Inger Schenau, G. L. (1988). Fundamental mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. In B. E. Ungerechts, K. Reischle and K. Wilke (Eds.), *Swimming Science V* (pp.17-29). Champaign, IL: Human Kinetics.
- East, D. J. (1970). Swimming: An analysis of stroke frequency, stroke length and performance. *New Zealand Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 3, 16-27.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Vezos, N. & Mavromatis, G. (2006). Effect of two different sized hand paddles on front crawl stroke kinematics. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 46, 232-237.
- Hay, J.G. (1988). The status of research on the biomechanics of swimming. In B. E. Ungerechts, K. Wilke and Reischle, K. (Eds.), *Swimming V* (pp.3-14). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hannula, D. (2003). *Coaching swimming successfully*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hollander, A. P., Groot, G. de, Ingen Schenau, G. J. van, Toussaint, H. M., Best, H. de, Peeters, W., Meulemans, A. & Schreurs, A. W. (1986). Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. *Journal of Sports Science*. 4, 21-30.
- Hollander, A. P., Groot, G., Van Ingen Schenau, G. J., Kahman, R., & Toussaint, H. M. (1988). Contribution of the legs to propulsion in front crawl swimming. In: Ungerechts BE, Wilke K, Reischle K (eds). In B. E. Ungerechts, K. Wilke and Reischle, K. (Eds.), *Swimming V* (pp.39-44). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Huijing, P.A., Hollander, P.A. & De Groot, G. (1983). Efficiency and specificity of training in swimming: In A. P. Hollander, P. A. Huijing and G. De Groot (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 1-6). Champlaign, IL: Human Kinetics.
- Keskinen, K. L. & Komi, P. V. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of Applied Biomechanics*. 9, 219-222.

- Keskinen, K. L., Tilli, L. J. & Komi, P. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 11, 87-92.
- Kolmogorov, S. V., Duplisheva, A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25, 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*, 13, 88-97.
- Lerda, R., Cardelli, C., Chollet, O. (2001). Analysis of the interactions between breathing and arm actions in the front crawl. *Journal of Human Movement Studies*, 40, 129-144.
- Letzelter, H. & Freitag, W. (1983). Stroke length and stroke frequency variations in men's and women's 100-m freestyle swimming. In A. P. Hollander, P. A. Huijing and G. De Groot (Eds.), *Swimming IV* (pp. 315-322). Baltimore, MD: University Park Press.
- Maglischo, C. W., Maglischo, E. W., Higgins, I., Hinrichs, R., Luedtke, D., Schleihauf R.E., & Thayer, A. (1988). A biomechanical analysis of the U.S. Olympic freestyle distance swimmers. In B. E. Ungerecht, K. Wilke, K. Reischie (Eds.), *Swimming science V* (pp. 351-391). Champaign, III: Human Kinetics.
- Maglischo, E. W. (1987). *Swimming Faster*. Coll. Metiers de L' Eau.
- Maglischo, E.W. (1993). *Swimming Even Faster*. Mountain View, A: May field publishing Company.
- Millet, G. P., Chollet, D., Chaliès, S., & Chatard, J. C. (2002). Coordination in front crawl in elite triathletes and elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 991-104.
- Monteil, K. M., Rouard, A. H., Oufour, A. B., Cappaert, J. M., & Troup, J. P. (1996). Front crawl stroke phases: discriminating kinematic and kinetic parameters. In: J. P. Troup, A. P. Hollander, O. Strass, S. W. Trappe, J. M. Cappaert, T. A. Trappe (Eds). *Biomechanics and medicine in swimming VII*. (pp. 44-50). London, E & PN Spon.
- Monteil, K. M. & Rouard, A. H. (1990). Influence of the size of the paddles in front crawl stroke. In D. Maclaren and T. A. Reilly (Eds.), *Lees. Biomechanics and Medicine in Swimming VI* (pp. 99-104). Liverpool.

- Monteil, K. M. & Rouard, A. H. (1994). Free swimming versus paddles swimming in front crawl. *Journal of Human Movement Studies*, 27, 89-99.
- Monteil, K.M. & Rouard, A.H. (1992). Influence of the size of the paddles in front crawl stroke. In D. MacLaren, T. Reilly and A. Lees (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI* (pp. 99–104). London: E and FN Spon.
- Ogita, F. & Tabata, I. (1993). Effect of hand paddles aid on oxygen uptake during arm-stroke-only swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 6, 489-493.
- Ogita, F. Onodera, T. & Tabata, I. (1999). Effects of hand paddles on anaerobic energy release during supramaximal swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31(5), 729-735.
- Paddels im Schwimmen, 2002. Swimming Paddles Paddels im Schwimmen. Htm. Schwimmverein Limnat Zurich, (Internet).
- Pai, Y., Hay, J. & Wilson, B. D. (1984). Stroking techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Science*, 2, 225-239.
- Payton, C. J. & Bartlett, R. (1995). Estimating propulsive forces in swimming from three-dimensional kinematic data. *Journal of Sports Sciences*. 13, 447-454.
- Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S. & Lavoie, J. M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37, 187-193.
- Rackaham, G. W. (1975). An analysis of arm propulsion in swimming. In L. Lewillie and J. P. Clarys (Eds.), *Swimming II* (pp. 174-179). Baltimore: University Park Press.
- Rouard, A. H., & Billat, R. P. (1990). Influence of sex and level of performance on freestyle stroke: an electromyography and kinematic study. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 150-155.
- Sanders, R.H. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer 's hand. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 3-26.
- Schleihauf, R.E. (1979). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In J. Terauds and E. W. Bedingfield (Eds.), *Swimming III* (pp. 70-109). Baltimore, MD: University Park Press.
- Schleihauf, R.E. (1983). Specificity of strength training in swimming: A biomechanical viewpoint. In A.P. Hollander, P.A. Huijting and G. de Groot (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 184–191). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.

- Schleihauf, R.E. (1984). *The biomechanical analysis of swimming propulsion in the sprint front crawl stroke*. Unpublished Doctoral Dissertation, Columbia University, Columbia, NY.
- Schleihauf, R.E. (1974). A biomechanical analysis of freestyle. *Swimming Technique*, 11, 88-96.
- Schleihauf, R.E., Gray, L., & DeRose, J. (1983). Three-dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In A. P. Hollander, P.A. Huijing, & G. de Groot (Eds.), *International Series on Sports Sciences: Vol.14. Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp.173-183). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schleihauf, R.E., Higgins, J.R., Hinricks, R., Luedtke, D., Maglischo, C.W., Maglischo, E.W., & Thayer, A. (1986). Models of aquatic skill in sprint front crawl stroke. *Journal of Sports Medicine*, 14, 7-12.
- Schleihauf, R.E., Higgins, J.R., Hinricks, R., Luedtke, D., Maglischo, C.W., Maglischo, E.W., & Thayer, A. (1988). Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststroke. In B. Ungerecht, K. Wilke, & K. Reischle, (Eds.), *International Series on Sports Sciences: Vol. 18. Swimming Science V.* (pp. 53-60). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sharp, R. L., Troup, I. P., Costill, D. L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 53-56.
- Sidney, M., Falgairette, G., Fustier, B., Morlon, B. & Ria, B.(1988). Biomechanic analysis of swimming performance. In G. De Groot (Ed.), *International series on Biomechanics*. (pp. 844-847). Illinois, Champaign,: Human Kinetics.
- Sidney, M., Paillette, S., Hespel, J. M., Chollet, D., & Pelayo, P. (2001). Effect of swim paddles on the intra-cyclic velocity variations and on the arm coordination of front crawl stroke. In J. R. Blackwell, R. H. Sanders, (Eds). *XIX International Symposium on Biomechanics in Sports*. (pp. 39-42). San Fransco: ISBS.
- Sidney, M., Pelayo, P., Paillette, S., Hespel, J. M. & Cholle, D. (2005). Effect of Swim Paddles on the Intra-Cyclic Velocity Variations and on the Arm Coordination of Front Crawl Stroke. <http://coachesinfo.com>.
- Toussaint, H.M. & Beek, P.J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*, 13(1), 8-24.



- Toussaint, H.M., Beelen, A., Rodenburg, A., Sargeant, A. J., Groot, G.D., Hollander, A.P. & Schenau, G.J.V.I. (1988). Propelling efficiency of front crawl swimming. *Journal of Applied Physiology*, 65, 2506-2512.
- Toussaint, H.M., Groot, G.D., Savelberg, H.H.C.M., Vervoorn, K., Hollander A. P., & Schenau, G.J.V.I. (1988). Active drag related to velocity in male and female swimmers. *Journal of Biomechanics*, 21, 435-438.
- Toussaint, H.M., Hollander A. P., Van de Berg, C. & Vorontsov, A. (2000). Biomechanics of swimming. In Garrett, (Ed.), *Exercise: Basic and applied science*. Philadelphia: Lippincott Williams.
- Toussaint, H.M., Janssen, T., & Kluft, M. (1991). Effect of propelling surface size on the mechanics and energetics of front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*, 24, 205-211.
- Vaday, M., & Nemessue, M. Motor pattern of free-style swimming (1971). In J. Lewillie P. Clarys (Eds), *Biomechanics in swimming I*. (pp. 167-173). Bruxelles: Université Libre de Bruxelles.