



## Διαφοροποίηση του Συγχρονισμού των Χεριών κατά την Ελεύθερη Κολύμβηση με Έλξη Αντίστασης

Ευαγγελία Αργυρόπου, Βασίλειος Γούργουλης, Νικόλαος Αγγελούσης, Παναγιώτης Αντωνίου, & Γεώργιος Μαυρίδης  
ΤΕΦΑΑ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

### Περίληψη

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

Λέξεις κλειδιά: κολύμβηση, ελεύθερο, έλξη αντίστασης, δείκτης συγχρονισμού

### Modifications of the Arm Coordination in Front Crawl Swimming with Added Resistance

Evaggelia Argiropes, Vassilios Gourgoulis, Nickolaos Aggeloussis, Panagiotis Antoniou, & Georgios Mavridis  
Department of Physical Education and Sports Sciences, Democritus University of Thrace, Komotini, Hellas

### Abstract

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

Keywords: *swimming, front crawl, added resistance, index of coordination*

## Εισαγωγή

Στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης η συμμετοχή των χεριών είναι ιδιαίτερα σημαντική για την προώθηση του σώματος (Toussaint & Beek, 1992) και το επίπεδο της δύναμής τους αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων (Birrer & Levine, 1987; Costill, Sharp, & Troup, 1980). Για τη βελτίωση της δύναμης των χεριών τους και της ταχύτητάς τους οι κολυμβητές χρησιμοποιούν διάφορες μορφές προπόνησης, μια από τις οποίες είναι η κολύμβηση με έλξη αντίστασης (Mavridis, Kabitsis, Gourgoulis, & Toubekis, 2006), όπου αυξάνεται η αντίσταση του νερού που πρέπει να υπερνικηθεί σε κάθε κύκλο χεριάς, που αποτελείται από μία δεξιά και μία αριστερή χεριά (Maglischo, 2003). Επίσης, σύμφωνα με τον Sanders (2002) για τη μεγιστοποίηση της προωθητικής ικανότητας των κολυμβητών θα πρέπει να αυξηθεί η διάρκεια εφαρμογής της δύναμης σχετικά με τη συνολική διάρκεια του κύκλου χεριάς και να μειωθεί το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Κατά συνέπεια, ο τρόπος συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών είναι ιδιαίτερα καθοριστικός για την αποτελεσματική εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων (Chollet, Challes, & Chatard, 2000; Potdevin, Bril, Sidney, Pelayo, 2006).

Συνήθως διακρίνονται τρεις τρόποι συγχρονισμού των χεριών: α) το πρότυπο του «πιασίματος», όπου υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση στην εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, β) το πρότυπο της «αντίθεσης», όπου παρατηρείται διαδοχική εφαρμογή προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια και γ) το πρότυπο της «υπέρθεσης», όπου σημειώνεται επικάλυψη των προωθητικών δυνάμεων που ασκούνται από τα δύο χέρια (Chollet et al., 2000; Potdevin et al., 2006). Οι Chollet et al. (2000) σε μια προσπάθεια ποσοτικοποίησης του τρόπου συγχρονισμού των χεριών ανέπτυξαν το δείκτη συγχρονισμού (IdC), που εκφράζει το χρονικό διάστημα μεταξύ της εφαρμογής προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, ως ποσοστό της μέσης συνολικής διάρκειας ενός κύκλου χεριάς. Όταν ο δείκτης συγχρονισμού λαμβάνει αρνητικές τιμές ( $IdC < 0$ ) τότε το πρότυπο συγχρονισμού αντιστοιχεί στο πρότυπο του «πιασίματος», όταν ισούται με μηδέν ( $IdC = 0$ ) αντιστοιχεί στο πρότυπο της «αντίθεσης» και όταν λαμβάνει θετικές τιμές ( $IdC > 0$ ) αντιστοιχεί στο πρότυπο της «υπέρθεσης».

Στο παρελθόν το πρότυπο συγχρονισμού των χεριών που εφαρμόζεται από τους κολυμβητές έχει μελετηθεί σε διαφορετικές συνθήκες και διαπιστώθηκε ότι εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η αγωνιστική απόσταση (σπριντ, μεσαίες ή μεγάλες αποστάσεις), η κολυμβητική ταχύ-

τητα (Seifert, Chollet, & Bardy, 2004), το επίπεδο των κολυμβητών (Hue, Benavente, & Chollet, 2003; Potdevin et al., 2006), η κόπωση (Alberty, Sidney, Huot-Marchand, Hespel, & Pelayo, 2005) και το φύλο (Seifert, Boulesteix, & Chollet, 2004). Στις μεγάλες και τις μεσαίες αποστάσεις κορυφαίοι άντρες κολυμβητές εφαρμόζουν το πρότυπο του «πιασίματος», αυξάνοντας τη διάρκεια του γλιστρήματος, ενώ καθώς αυξάνεται η κολυμβητική ταχύτητα κατά τη διεξαγωγή σπριντ σημειώνεται μια μετάβαση στο πρότυπο της «αντίθεσης» ή ακόμη και της «υπέρθεσης», αυξάνοντας τη διάρκεια της προωθητικής φάσης (έλξη και ώθηση) και μειώνοντας τη διάρκεια της μη προωθητικής φάσης (επαναφορά και γλιστρήμα), επιτυγχάνοντας έτσι μείωση του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών (Chollet et al., 2000; Potdevin et al., 2006; Seifert, Chollet, & Bardy, 2004). Ωστόσο, κορυφαίες γυναίκες κολυμβητριες, καθώς και κολυμβητές χαμηλότερου επιπέδου, σε αντίθεση με κορυφαίους άντρες κολυμβητές, παρόλο που τείνουν να αυξήσουν το δείκτη συγχρονισμού, διατηρούν το πρότυπο του «πιασίματος» (Chatard, Collomp, Maglischo, & Maglischo, 1990; Potdevin et al., 2006; Seifert, Boulesteix, & Chollet, 2004). Σε όλους τους κολυμβητές ωστόσο, σε συνθήκες κόπωσης, παρά τη μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας, σημειώνεται αύξηση του δείκτη συγχρονισμού (Alberty et al., 2005).

Παρά τη σχετικά εκτενή μελέτη αναφορικά με τον τρόπο συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης, δεν υπάρχουν αντιστοιχα ερευνητικά δεδομένα για την επίδραση που έχει η έλξη αντίστασης. Σκοπός λοιπόν της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθούν τυχόν μεταβολές στο πρότυπο συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση με έλξη αντίστασης.

## Μέθοδος και Διαδικασία

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβητριες αγωνιστικών κατηγοριών (ηλικίας:  $18.2 \pm 4.6$  ετών, ύψους:  $1.69 \pm 0.14$  m, μάζας:  $60 \pm 6.27$  kg), που οι επιδόσεις τους στα 100 m ελεύθερο σε ποίνα 50 m κυμαίνονταν από 58.41 sec έως 66.45 sec.

Όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε ποίνα 25 m και κάθε κολυμβητριά, μετά από κατάλληλη προθέρμανση, εκτέλεσε με τυχαία σειρά από μία προσπάθεια (25m) με μέγιστη ένταση (100%), χωρίς έλξη αντίστασης και με έλξη αντίστασης. Μεταξύ των προσπαθειών υπήρχε διάλειμμα 10 min για να αποφευχθεί η επίδραση της κόπωσης, ενώ στο μέσον της απόστασης, όπου καταγράφονταν η κίνηση των κολυμβητριών, κολυμπούσαν χωρίς αναπνοή. Η αντίσταση προερχόταν από μία λεκάνη διαμέτρου 35 cm και χωρητικότητας 6.5 lt, στη βάση της οποίας υπήρχε ένα επιπρόσθετο

φορτίο βάρους 170 gr και 5 τρύπες διαμέτρου 8 mm (Mavridis et al., 2006). Η λεκάνη έλκονταν από την κυρτή επιφάνειά της και ήταν δεμένη στη μέση της κάθε κολυμβήτριας με ένα λάστιχο μήκους 1.5 m το οποίο στη διάρκεια της προσπάθειας τέντωνε και έφτανε τα 4 m, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η κίνηση της λεκάνης από τους κυματισμούς που προκαλεί η κολυμβήτρια. Σύμφωνα με τους Kolmogorov & Duplischcheva (1992), για την αποφυγή κυματισμών που επηρεάζουν την κίνηση της αντίστασης, θα πρέπει η απόσταση της από τα πόδια του κολυμβητή να είναι ίση με 3.5 έως 4.5 φορές το ύψος του κολυμβητή, ανάλογα με την κολυμβητική ικανότητα, ενώ οι Toussaint, Roos, & Kolmogorov (2004) αναφέρουν μια απόσταση της τάξεως των 8 m. Και στις δύο προαναφερόμενες μελέτες ωστόσο οι κολυμβητές ήταν πολύ υψηλού επιπέδου και οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε πισίνα 50 m, γεγονός που επέτρεπε μια τέτοια σχετικά μεγάλη απόσταση μεταξύ της αντίστασης και του κολυμβητή. Στην παρούσα μελέτη, καθώς οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε πισίνα 25 m δεν υπήρχε αυτή η δυνατότητα και καθώς οι κολυμβήτριες ήταν χαμηλότερου επιπέδου, ως συμβιβαστική λύση επιλέχθηκε η απόσταση των 4 m.

Για την καταγραφή της κίνησης χρησιμοποιήθηκαν 4 αναλογικές κάμερες S-VHS (2 Panasonic PV-900 και 2 Panasonic AG-188) με συχνότητα λήψης 60 Hz, που τοποθετήθηκαν ανά δύο σε γωνία 41 μοιρών πίσω από ειδικά διαμορφωμένα περισκόπια. Για το συγχρονισμό των μηχανών λήψης χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα από LED στο οπτικό πεδίο της κάθε κάμερας, που ενεργοποιούνταν από τον εξεταστή σε κάθε πέρασμα των κολυμβητριών και για τη διαβάθμιση του χώρου καταγραφής χρησιμοποιήθηκε ένας κύβος διαβάθμισης με 24 σημεία ελέγχου, διαστάσεων 1m x 3m x 1m, για τον εγκάρσιο άξονα X, τον επιμήκη άξονα Y και τον κατακόρυφο άξονα Z, αντίστοιχα. Το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση 8 επιπλέον σημείων πάνω στον κύβο διαβάθμισης, τα οποία δεν είχαν χρησιμοποιηθεί ως σημεία ελέγχου, ανέρχονταν σε 2.35 mm, 4.64 mm και 2.59 mm για τους X, Y και Z άξονες, αντίστοιχα, και ο κύβος διαβάθμισης τοποθετήθηκε στο μέσον της πισίνας των 25 m, κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο άξονας Y να ταυτίζεται με την κατεύθυνση κίνησης των κολυμβητριών.

Πάνω στο σώμα κάθε κολυμβήτριας σημειώθηκαν με μαύρο μαρκαδόρο, τόσο στη δεξιά, όσο και στην αριστερή πλευρά του σώματος, το ακρώμιο, η μείζονα τροχαντήρα του μηριαίου οστού, και δύο σημεία πάνω στα χέρια: η 2<sup>η</sup> και η 5<sup>η</sup> μετακαρποφαλαγγκική άρθρωση. Το μέσο σημείο μεταξύ της 2<sup>ης</sup> και 5<sup>ης</sup> μετακαρποφαλαγγκικής άρθρωσης, χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της κίνησης του κάθε χεριού. Όλα τα επλεγμένα σημεία ψηφιοποιήθηκαν χειροκίνητα μέσω του συστήμα-

τος Ariel Performance Analysis System και για τον υπολογισμό των τριοδιάστατων συντεταγμένων εφαρμόστηκε η μέθοδος του άμεσου γραμμικού μετασχηματισμού (DLT). Η εξομάλυνση των αρχικών συντεταγμένων πραγματοποιήθηκε με ψηφιακό κατωδιαβατό φίλτρο και συχνότητα κοπής 6 Hz, που καθορίστηκε μετά από ανάλυση υπολοίπων για ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων κοπής.

Για τον καθορισμό του τρόπου συγχρονισμού των χεριών ψηφιοποιήθηκαν τρεις συνεχόμενες χεριές που εκτελέστηκαν μέσα στο διαβαθμισμένο χώρο: μια πρώτη αριστερή χεριά, μια δεξιά χεριά και μια δεύτερη αριστερή χεριά, όταν η κολυμβήτρια έμπαινε στο διαβαθμισμένο χώρο με το αριστερό χέρι ή μια πρώτη δεξιά χεριά, μια αριστερή και μια δεύτερη δεξιά χεριά, όταν η κολυμβήτρια έμπαινε στο διαβαθμισμένο χώρο με το δεξί χέρι. Κάθε χεριά διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις: α) γλιστρήμα: από την είσοδο του χεριού στο νερό έως τη μέγιστη μετατόπισή του προς τα εμπρός στον επιμήκη άξονα Y, β) έλξη: από τη μέγιστη μετατόπιση του χεριού προς τα εμπρός στον επιμήκη άξονα Y έως τη στιγμή που το χέρι περνούσε κάτω από τον ώμο, γ) ώθηση: από τη λήξη της φάσης έλξης έως την έξοδο του χεριού από το νερό και δ) επαναφορά: από την έξοδο του χεριού από το νερό έως την είσοδό του και πάλι μέσα στο νερό. Επιπλέον υπολογίστηκε η διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας κίνησης του χεριού, από την είσοδο έως της έξοδό του από το νερό, που αποτελεί το άθροισμα των φάσεων του γλιστρήματος, της έλξης και της ώθησης. Η μέση απόλυτη διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς καθορίστηκε μετά από ψηφιοποίηση της πρώτης αριστερής και της δεξιάς χεριάς, όταν η είσοδος της κολυμβήτριας στο διαβαθμισμένο χώρο γινόταν με το αριστερό χέρι ή της πρώτης δεξιάς και της αριστερής χεριάς, όταν η είσοδος της κολυμβήτριας στο διαβαθμισμένο χώρο γινόταν με το δεξί χέρι. Για τον υπολογισμό της μέσης σχετικής διάρκειας των επιμέρους φάσεων, εκφράστηκαν ως ποσοστό της μέσης διάρκειας ενός κύκλου χεριάς (T), που ορίστηκε ως η μέση διάρκεια της πρώτης αριστερής και της δεξιάς χεριάς ή της πρώτης δεξιάς και της αριστερής χεριάς, όταν η είσοδος στο διαβαθμισμένο χώρο γινόταν με το αριστερό ή το δεξί χέρι αντίστοιχα. Παρόλο που σύμφωνα με τους Seifert et al. (2006) δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αξιοπιστία καθορισμού της διάρκειας των επιμέρους φάσεων όταν η θέση του χεριού καθορίζεται ποιοτικά - οπτικά από ειδικούς παρατηρητές, σε σύγκριση με τον ποσοτικό καθορισμό τους μέσω της διαδικασίας της ψηφιοποίησης, στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η δεύτερη, ποσοτική, διαδικασία της ψηφιοποίησης για τον καθορισμό της έναρξης και λήξης των επιμέρους φάσεων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Πα-

ρόλα αυτά το γεγονός ότι η συχνότητα λήψης από τις κάμερες ήταν 60 Hz, σημαίνει ότι το σφάλμα κατά τον καθορισμό της έναρξης και λήξης των επιμέρους φάσεων μπορεί να ανέρχεται μέχρι και σε 0.017 sec.

Για τον υπολογισμό του δείκτη συγχρονισμού, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τους Chollet et al. (2000), όταν οι κολυμβήτριες εισέρχονταν στο διαβαθμισμένο χώρο με το αριστερό χέρι, καθορίστηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της φάσης έλξης της δεξιάς χεριάς και της λήξης της φάσης ώθησης της πρώτης αριστερής χεριάς (LT<sub>1</sub>), καθώς επίσης και το χρονικό διάστημα μεταξύ της λήξης της φάσης ώθησης της δεξιάς χεριάς και της έναρξης της φάσης έλξης της δεύτερης αριστερής χεριάς (LT<sub>2</sub>). Όταν οι κολυμβήτριες εισέρχονταν στο διαβαθμισμένο χώρο με το δεξιό χέρι, για τον υπολογισμό του δείκτη συγχρονισμού καθορίστηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της φάσης έλξης της αριστερής χεριάς και της λήξης της φάσης ώθησης της πρώτης δεξιάς χεριάς (LT<sub>2</sub>), καθώς επίσης και το χρονικό διάστημα μεταξύ της λήξης της φάσης ώθησης της αριστερής χεριάς και της έναρξης της φάσης έλξης της δεύτερης δεξιάς χεριάς (LT<sub>1</sub>). Στη συνέχεια, και στις δύο περιπτώσεις, ανεξάρτητα δηλαδή από το χέρι εισόδου μέσα στο διαβαθμισμένο χώρο, ο μέσος όρος του χρονικού διαστήματος που μεσολαβούσε μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών εκφράστηκε ως ποσοστό του μέσου όρου της διάρκειας της χεριάς (T), έτσι ώστε να προκύψει ο δείκτης συγχρονισμού:

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

**Πίνακας 1.** Μέση κολυμβητική ταχύτητα, μήκος χεριάς και συχνότητα χεριάς κατά την ελεύθερη κολύμβηση και την κολύμβηση με έλξη αντίστασης.

	Ελεύθερη κολύμβηση	Κολύμβηση με έλξη αντίστασης	t- τιμή
Μέση κολυμβητική ταχύτητα (m·sec <sup>-1</sup> )	1.56 ± 0.07	0.94 ± 0.09	34.85 *
Μήκος χεριάς (m)	1.85 ± 0.09	1.30 ± 0.12 m	14.92*
Συχνότητα χεριάς (κύκλοι·sec <sup>-1</sup> )	0.84 ± 0.05	0.73 ± 0.06	7.94 *

\*  $p < .05$

Αντίθετα, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση, τόσο στη συνολική διάρκεια της χεριάς ( $t_9 = 7.51$ ,  $p < .05$ ), από  $1.19 \pm 0.07$  sec κατά την ελεύθερη κολύμβηση, σε  $1.38 \pm 0.11$  sec κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, όσο και στην απόλυτη και σχετική διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας κίνησης του χεριού. Η απόλυτη διάρκεια της συνολικής υποβρύχιας κίνησης του χεριού αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $t_9 = 11.38$ ,  $p < .05$ ) σε  $1.06 \pm 0.13$  sec, από  $0.84 \pm 0.11$  sec κατά την ελεύθερη κολύμβηση και η σχετική της διάρκεια

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

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε t - test για εξαρτημένα δείγματα, καθώς και ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς δύο επαναλαμβανόμενους παράγοντες («χέρι»: δεξί - αριστερό και «συνθήκη μέτρησης»: ελεύθερη κολύμβηση - κολύμβηση με έλξη αντίστασης), ενώ το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως  $p < .05$ .

#### Αποτελέσματα

Κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας, του μήκους χεριάς και της συχνότητας χεριάς, συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση (Πίνακας 1).

αυξήθηκε ( $t_9 = 6.09$ ,  $p < .05$ ) σε  $76.21 \pm 3.54$  %, από  $70.47 \pm 6.22$  %.

Σ' ότι αφορά τη διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της απόλυτης και της σχετικής διάρκειας, τόσο της φάσης έλξης, όσο και της φάσης ώθησης (Πίνακας 2), που αποτελούν τις κυρίως προωθητικές φάσεις της χεριάς. Η απόλυτη διάρκεια της συνολικής προωθητικής φάσης αυξήθηκε μάλιστα στατιστικά σημαντικά ( $t_9 = 23.19$ ,  $p < .05$ ) από 0.43

$\pm 0.049$  sec κατά την ελεύθερη κολύμβηση, σε  $0.61 \pm 0.056$  sec κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, ενώ στατιστικά σημαντική αύξηση διαπιστώθηκε και στη συνολική σχετική της διάρκεια ( $t_9 = 13.20$ ,  $p < .05$ ), που κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης αυξήθηκε σε  $44.2 \pm 2.32$  %, από  $36.6 \pm 3.47$  % κατά την ελεύθερη κολύμβηση. Αναφορικά με τη χρονική διάρκεια των μη προωθητικών φάσεων, δηλαδή των φάσεων του γλιστρήματος και της επαναφοράς, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της απόλυτης διάρκειας του γλιστρήματος, ενώ αντίθετα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή στην απόλυτη διάρκεια της επα-

ναφοράς (Πίνακας 2), καθώς επίσης και στην απόλυτη διάρκεια της συνολικής μη προωθητικής φάσης ( $t_9 = 0.77$ ,  $p > .05$ ), η οποία αυξήθηκε ελάχιστα από  $0.75 \pm 0.06$  sec κατά την ελεύθερη κολύμβηση, σε  $0.77 \pm 0.07$  sec κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης. Σε ότι αφορά τη σχετική διάρκεια των δύο μη προωθητικών φάσεων σημειώθηκε ωστόσο στατιστικά σημαντική μείωση κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, τόσο στη φάση του γλιστρήματος και στη φάση της επαναφοράς (Πίνακας 2), όσο και στη συνολική μη προωθητική φάση ( $t_9 = 13.20$ ,  $p < .05$ ), καθώς μειώθηκε από  $63.38 \pm 3.48$  % κατά την ελεύθερη κολύμβηση, σε  $55.72 \pm 2.32$  % κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης.

**Πίνακας 2.** Απόλυτη και σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς κατά την ελεύθερη κολύμβηση και την κολύμβηση με έλξη αντίστασης.

	Ελεύθερη κολύμβηση	Κολύμβηση με έλξη αντίστασης	t- τιμή
Απόλυτη διάρκεια γλιστρήματος (sec)	0.41 $\pm$ 0.09	0.44 $\pm$ 0.09	2.89*
Απόλυτη διάρκεια έλξης (sec)	0.19 $\pm$ 0.03	0.27 $\pm$ 0.02	9.67 *
Απόλυτη διάρκεια ώθησης (sec)	0.24 $\pm$ 0.03	0.34 $\pm$ 0.04	14.47 *
Απόλυτη διάρκεια επαναφοράς (sec)	0.35 $\pm$ 0.06	0.33 $\pm$ 0.03	1.93
Σχετική διάρκεια γλιστρήματος (%)	33.85 $\pm$ 6.02	31.93 $\pm$ 4.26	2.39 *
Σχετική διάρκεια έλξης (%)	16.47 $\pm$ 1.82	19.89 $\pm$ 1.46	5.59 *
Σχετική διάρκεια ώθησης (%)	20.15 $\pm$ 2.64	24.39 $\pm$ 2.01	7.53 *
Σχετική διάρκεια επαναφοράς (%)	29.53 $\pm$ 6.22	23.79 $\pm$ 3.54	6.09 *

\*  $p < .05$

Σχετικά με τη χρονική καθυστέρηση έναρξης της προωθητικής φάσης του δεξιού χεριού, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του αριστερού χεριού (LT<sub>1</sub>) και τη χρονική καθυστέρηση έναρξης της προωθητικής φάσης του αριστερού χεριού, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του δεξιού χεριού (LT<sub>2</sub>), από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς δύο επαναλαμβανόμενους παράγοντες, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ( $F_{1,9} = 0.04$ ,  $p > .05$ ) μεταξύ των δύο παραγόντων («χέρι» και «συνθήκη μέτρησης»), ενώ επίσης δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο χεριών ( $F_{1,9} = 1.05$ ,  $p > .05$ ). Αντίθετα, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών μέτρησης ( $F_{1,9} = 42.23$ ,  $p < .05$ ). Η χρονική καθυστέρηση έναρξης της προωθητικής φάσης του δεξιού χεριού, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του αριστερού χεριού (LT<sub>1</sub>), κατά την ελεύθερη κολύμβηση ανέρχονταν σε  $0.154 \pm 0.053$  sec, ενώ κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μειώνονταν σε  $0.068 \pm 0.057$  sec, και η χρονική καθυστέρηση έναρξης της προωθητικής φάσης του αρι-

στερού χεριού, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του δεξιού χεριού (LT<sub>2</sub>), κατά την ελεύθερη κολύμβηση ανέρχονταν σε  $0.166 \pm 0.051$  sec, ενώ κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μειώνονταν σε  $0.085 \pm 0.059$  sec.

Αναφορικά με το δείκτη συγχρονισμού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση ( $t_9 = 8.04$ ,  $p < .05$ ) κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης ( $-5.5 \pm 3.12$  %), σε σύγκριση με την ελεύθερη κολύμβηση ( $-13.52 \pm 4.01$  %).

### Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώνεται αύξηση του δείκτη συγχρονισμού και μια τάση μετάβασης στο πρότυπο της «αντίθεσης», παρόλο που ο συγχρονισμός μεταξύ των χεριών παραμένει στο πρότυπο του «πιασίματος». Αυτή η μεταβολή ήταν αποτέλεσμα της αύξησης τόσο της απόλυτης, όσο και της σχετικής διάρκειας των προωθητικών φάσεων και αντίστοιχης μείωσης της διάρκειας των μη προωθητικών φάσεων, που είχε ως επακόλουθο μείωση της χρονικής καθυ-

στέρσης έναρξης της προωθητικής φάσης από το ένα χέρι, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού, χωρίς μάλιστα να διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο χεριών. Κατά συνέπεια κατά την έλξη αντίστασης επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη χρονική αλληλουχία στην εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων και από τα δύο χέρια, καθώς σύμφωνα με τον Sanders (2002) για τη μεγιστοποίηση της προωθητικής ώθησης των κολυμβητών θα πρέπει να αυξηθεί η διάρκεια εφαρμογής της δύναμης σχετικά με τη συνολική διάρκεια του κύκλου χεριάς, κάτι που σημαίνει ότι το «πιάσιμο» θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν συντομότερα. Στη συγκεκριμένη μελέτη οι κολυμβήτριες παρόλο που κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης αύξησαν την απόλυτη διάρκεια της φάσης του γλιστρήματος, μείωσαν στατιστικά σημαντικά τη σχετική διάρκειά της επιτυγχάνοντας ένα πιο γρήγορο «πιάσιμο» και έναν αποτελεσματικότερο συγχρονισμό μεταξύ των δύο χεριών (Maglischo, 2003).

Σύμφωνα με τους Potdevin et al. (2006), καθοριστικής σημασίας για το πρότυπο συγχρονισμού μεταξύ των χεριών είναι η συχνότητα χεριάς. Όταν η συχνότητα χεριάς είναι χαμηλή, ο συγχρονισμός των χεριών αντιστοιχεί στο πρότυπο του «πιασίματος», ενώ σε υψηλή συχνότητα χεριάς αντιστοιχεί στο πρότυπο της «υπέρθωσης», το οποίο δεν αποτελεί προϋπόθεση, αλλά είναι αποτέλεσμα της υψηλής συχνότητας χεριάς (Seifert,

Chollet, & Bardy, 2004). Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, οι κολυμβήτριες κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης δεν κατόρθωσαν να διατηρήσουν τη συχνότητα χεριάς που είχαν κατά την ελεύθερη κολύμβηση. Αντίθετα η συχνότητα χεριάς τους μειώθηκε και μάλιστα στατιστικά σημαντικά και έτσι, παρόλο που αυξήθηκε ο δείκτης συγχρονισμού, το πρότυπο συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών αντιστοιχούσε και πάλι στο πρότυπο του «πιασίματος».

Συνεπώς, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, παρά τη στατιστικά σημαντική μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας και του μήκους χεριάς, λόγω της αυξημένης αντίστασης που δεχόντουσαν οι κολυμβήτριες, η χρονική αλληλουχία εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων και από τα δύο χέρια φαίνεται να διαφοροποιείται και να σημειώνεται μια τάση μετάβασης από το πρότυπο του «πιασίματος» στο πρότυπο της «αντίθεσης», που είναι αποτέλεσμα της μείωσης της διάρκειας της χρονικής καθυστέρησης έναρξης της προωθητικής φάσης από το ένα χέρι, σε σχέση με τη λήξη της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού, καθώς επίσης και αύξησης της διάρκειας των προωθητικών φάσεων και εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Hue et al., 2003), συμβάλλοντας έτσι ενδεχομένως στην εκμάθηση ενός αποτελεσματικότερου τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών.

### Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Η κολύμβηση με έλξη αντίστασης μπορεί να αποτελέσει μια χρήσιμη μέθοδο προπόνησης για τη διαφοροποίηση του τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών, μέσω μείωσης του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών και εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

### Βιβλιογραφία

- Alberty, M., Sidney, M., Huot-Marchand, F., Hespel, J.M., & Pelayo, P. (2005). Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 471 - 475.
- Birrer, R. B. & Levine, R. (1987). Performance parameters in children and adolescent athletes. *Sports Medicine*, 1, 211-227.
- Chatard, J.C., Collomp, C., Maglischo, E., & Maglischo, C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 156 - 162.
- Chollet, D., Chabies, S., & Chatard, J.C. (2000). A new index of coordination for 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.
- Hue, O., Benavente, H., & Chollet, D. (2003). Swimming skill in triathletes and swimmers using the index of co-ordination. *Journal of Human Movement Studies*, 44, 107 - 120.
- Kolmogorov, S.V. & Duplishcheva, O.A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25(3), 311 - 318.
- Mavridis, G., Kabitsis, Ch., Gourgoulis, V., & Toubekis, A. (2006). Swimming velocity improved by specific resistance training in age-group swimmers. In Vilas-Boas J.P., Alves F., Marques A. (Eds.), *Biomechanics and Medicine in swimming, Xth International Symposium* (pp.

- 304-306). Porto, Portugal.
- Maglischo, E.W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Potdevin, F., Bril, B., Sidney, M., & Pelayo, P. (2006). Stroke frequency and arm coordination in front crawl swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 193 - 198.
- Sanders, R. (2002). New analysis procedures for giving feedback to swimming coaches and swimmers. In K.E. Gianikellis, B.R. Mason, H.M. Toussaint, R. Arellano and R.H. Sanders (Eds.), *Scientific Proceedings - Applied Program - XXth International Symposium on Biomechanics in Sports - Swimming* (pp 1-14). Caceres, Spain, University of Extramedura.
- Seifert, L., Boulesteix, L., & Chollet, D. (2004). Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 217 - 223.
- Seifert, L., Chollet, D., & Bardy, B.G. (2004). Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: A dynamic analysis. *Journal of Sports Sciences*, 22, 651 - 660.
- Seifert, L., Schnitzler, Ch., Aujouannet, Y., Carter, M., Rouard, A., & Chollet, D. (2006). Comparison of subjective and objective methods of determination of stroke phases to analyse arm coordination in front-crawl. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(2), 92 - 94.
- Toussaint, H.M., & Beek, P.J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*, 13(1), 8-24.
- Toussaint, H.M., Roos, P.E., & Kolmogorov, S. (2004). The determination of drag in front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*, 37, 1655 - 1663.

