



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
τόμος 8 (1), 91 - 98
Δημοσιεύτηκε: 30 Απριλίου 2010



Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 8 (1), 91 - 98
Released: April 30, 2010

www.hape.gr/emag.asp

ISSN 1790-3041

Άμεση Επίδραση της Έλξης Αντίστασης στα Κινηματικά Χαρακτηριστικά της Χεριάς κατά το Ελεύθερο Στυλ Κολύμβησης

Βασίλειος Γούργουλης, Γεώργιος Μαυρίδης, Νικόλαος Αγγελούσης, Αλεξία Μπόλη, Θωμάς Νικοδέλης, Χρήστος Καμπίσης, Υβόννη Χαραχούσου, & Γεώργιος Μαυρομμάτης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περίληψη

Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη της άμεσης επίδρασης της έλξης αντίστασης διαφορετικού μεγέθους, στα κινηματικά χαρακτηριστικά της χεριάς κατά το ελεύθερο στυλ κολύμβησης. Δέκα κολυμβήτριες αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας, οι οποίες εκτέλεσαν με τυχαία σειρά 4 κολυμβητικές προσπάθειες (25 m) με μέγιστη ένταση, χωρίς αντίσταση και με έλξη αντίστασης μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Για την καταγραφή της υποβρύχιας κίνησης του δεξιού χεριού χρησιμοποιήθηκαν 4 αναλογικές κάμερες (60 Hz). Η ψηφιοποίηση πραγματοποιήθηκε μέσω του Ariel Performance Analysis System και για τη λεπτομερέστερη ανάλυσή της η κίνηση του χεριού διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις: α) γλιστρήμα, β) έλξη, γ) ώθηση και δ) επαναφορά. Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς έναν παράγοντα, διαπιστώθηκε ότι κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μειωνόταν σημαντικά η συχνότητα χεριάς, το μήκος χεριάς και η μέση κολυμβητική ταχύτητα, ενώ διαπιστώθηκε αύξηση της συνολικής διάρκειας της χεριάς και της σχετικής διάρκειας των φάσεων της έλξης και της ώθησης. Αυτή η αύξηση αποδίδεται στην αύξηση του απόλυτου μήκους χεριάς, ενώ αντίθετα δε διαπιστώθηκε αύξηση του μεγέθους των πλευρικών μετατοπίσεων του χεριού. Επίσης, δε διαφοροποιήθηκε η μέση συνισταμένη ταχύτητα κίνησης του χεριού κατά τη διάρκεια των προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης. Κατά συνέπεια, με βάση την άμεση επίδραση που έχει η κολύμβηση με έλξη αντίστασης, υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι αποτελεί μια εξειδικευμένη μορφή προπόνησης.

Λέξεις κλειδιά: κολύμβηση, ελεύθερο, έλξη αντίστασης, κινηματικά χαρακτηριστικά

Acute Effect of Resisted Swimming in the Kinematic Characteristics of the Stroke during Front Crawl Swimming

Vassilios Gourgoulis, Georgios Mavridis, Nikolaos Aggeloussis, Alexia Boli, Thomas Nikodelis, Christos Kabitsis, Yvonna Harachousou, & Georgios Mavrommatis
Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, Komotini, Hellas

Abstract

The purpose of the study was to investigate the acute effect of resisted swimming with different sized added resistances in the kinematic characteristics of the stroke during front crawl swimming. Ten female swimmers participated in the study. They swam 4 trials (25 m) with maximal intensity, without and with small, moderate and large added resistance. Four analog cameras (60 Hz) were used for the recording of the underwater motion of the right hand. The digitization was undertaken using the Ariel Performance Analysis System. For the detailed analysis of the stroke the motion of the hand was divided into four distinct phases: a) glide, b) pull, c) push and, d) recovery. Analysis of variance for repeated measures showed that during resisted swimming the stroke rate, the stroke length and the mean swimming velocity were decreased significantly, while the total duration of the stroke and the relative duration of the pull and push phases were significantly increased. This increase is attributed to the increase of the absolute pull length. On the contrary, no modification was observed in the magnitude of the medial

- lateral displacement of the hand. Moreover, no alterations were found in the mean resultant velocity of the hand during the propulsive pull and push phases. Consequently, these findings suggest that resisted swimming appears to be a specific form of training.

Key words: *swimming, front crawl, added resistance, kinematic characteristics*

Εισαγωγή

Η σχέση μεταξύ της δύναμης του άνω μέρους του σώματος και της κολυμβητικής επίδοσης σε μικρές αποστάσεις, έχει επιβεβαιωθεί από αρκετές μελέτες στο παρελθόν (Hawley, Williams, Victory, & Handcock, 1992; Morrison, Peyrebrune, & Folland, 2005; Sharp, Troup, & Costill, 1982; Smith, Norris, & Hogg, 2000), ενώ για τη βελτίωσή τους χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι προπόνησης, τόσο έξω από το νερό, όσο και μέσα στο νερό (Girolid, Calmels, Maurin, Milhau, & Chatard, 2006; Girolid, Maurin, Dugué, Chatard, & Millet, 2007).

Η αποτελεσματικότητα των διαφόρων μεθόδων προπόνησης εξαρτάται ωστόσο από το βαθμό εξειδίκευσής τους ως προς τη συγκεκριμένη αγωνιστική δεξιότητα (Canavan, Garrett, & Armstrong, 1996; Costill, Sharp, & Troup, 1980; Huijing, Hollander, & De Groot, 1983; Maglischio, 2003; Schleihau, 1983). Κατά την εκτέλεση ασκήσεων δύναμης έξω από το νερό, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί το πρότυπο κίνησης των διαφόρων κολυμβητικών στυλ (Schleihau, 1983) και κατά συνέπεια το προπονητικό αποτέλεσμα μπορεί να μεταφερθεί μόνο εν μέρει στη συγκεκριμένη αγωνιστική δραστηριότητα (Toussaint & Beek, 1992; Toussaint & Vervoorn, 1990). Αντίθετα, η εξειδικευμένη προπόνηση δύναμης μέσα στο νερό είναι περισσότερο αποτελεσματική για τη βελτίωση της κολυμβητικής επίδοσης (Tanaka & Swensen, 1998).

Μια από τις μεθόδους προπόνησης για τη βελτίωση της δύναμης και της ταχύτητας των κολυμβητών, που διεξάγεται μέσα στο νερό, είναι τα σπριντ με έλξη αντίστασης. Κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου προπόνησης, οι κολυμβητές κολυμπούν ενάντια σε μια επιπρόσθετη αντίσταση από εκείνη του νερού (Girolid et al., 2007; Williams, Sinclair, & Galloway, 2001), που μπορεί να προέρχεται από την έλξη ενός λάστιχου, ενός αλεξιπτωτού νερού (Llor, Tella, Colado, Diaz, & Navarro, 2006), ή ενός οποιουδήποτε αντικειμένου που αυξάνει την αντίσταση που θα πρέπει να υπερνικήσει ο κολυμβητής.

Η επίδραση τέτοιων μεθόδων προπόνησης στην κολυμβητική επίδοση έχει διερευνηθεί στο παρελθόν. Σύμφωνα με τους Morrison et al. (2005), μετά από 6 εβδομάδες προπόνηση με έλξη αντίστασης, επέρχεται σημαντική βελτίωση της επίδοσης στα 100 m ελεύθερο κατά 2.5%, ενώ σύμφωνα με τους Girolid et al. (2006), μετά από μόλις 3 εβδομάδες προπόνηση επέρχεται βελτίωση της επίδοσης στα 100 m κατά 2%. Επίσης, σύμφωνα με τους Mavridis, Kabitsis, Gourgoulis, & Toubekis (2006), μετά από 12 εβδομάδες προπόνηση με έλξη αντίστασης σημειώνεται βελτίωση της επίδοσης στα 50, 100 και 200 m κατά 3.53, 3.15 και 3.19%, αντίστοιχα.

Σύμφωνα ωστόσο με τους Maglischio, Maglischio, Sharp, Zier, & Katz (1984), κατά τη δεμένη κολύμβηση, επέρχονται σημαντικές διαφοροποιήσεις σε ορισμένα βασικά κινηματικά χαρακτηριστικά της χεριάς, καθώς απαιτείται περισσότερος χρόνος για την ολοκλήρωση της υποβρύχιας κίνησης του χεριού, μειώνεται η μέση ταχύτητα κίνησής του προς τα πίσω και σημειώνονται μικρότερες πλευρικές μετατοπίσεις του χεριού, συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση. Επίσης, κατά τη διεξαγωγή σπριντ με έλξη αντίστασης, οι Maglischio, Maglischio, Zier, & Santos (1985), αναφέρουν μείωση της συχνότητας και του μήκους χεριάς, ενώ οι Williams et al. (2001) διαπίστωσαν επιπλέον σημαντική μείωση και στη μέση κολυμβητική ταχύτητα. Μείωση της συχνότητας και του μήκους χεριάς διαπιστώθηκε και από τους Takahashi & Wilson (1997), οι οποίοι ωστόσο δεν εντόπισαν διαφοροποιήσεις στο πλάτος της χεριάς.

Καθοριστικής σημασίας για το μέγεθος των διαφοροποιήσεων που επέρχονται είναι ωστόσο, σύμφωνα με τους Llor et al. (2006), το μέγεθος της επιπρόσθετης αντίστασης που πρέπει να υπερνικηθεί, ενώ για την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων σχετικά με την άμεση επίδραση που μπορεί να έχει η κολύμβηση με έλξη αντίστασης, εκτός από τη μελέτη της συχνότητας και του μήκους της χεριάς, απαιτείται λεπτομερής διερεύνηση των κινηματικών χαρακτηριστικών της κίνησης του χεριού. Σκοπός λοιπόν της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της άμεσης επίδρασης της έλξης αντίστασης διαφορετικού μεγέθους στα κινηματικά χαρακτηριστικά της χεριάς κατά το ελεύθερο στυλ κολύμβησης.

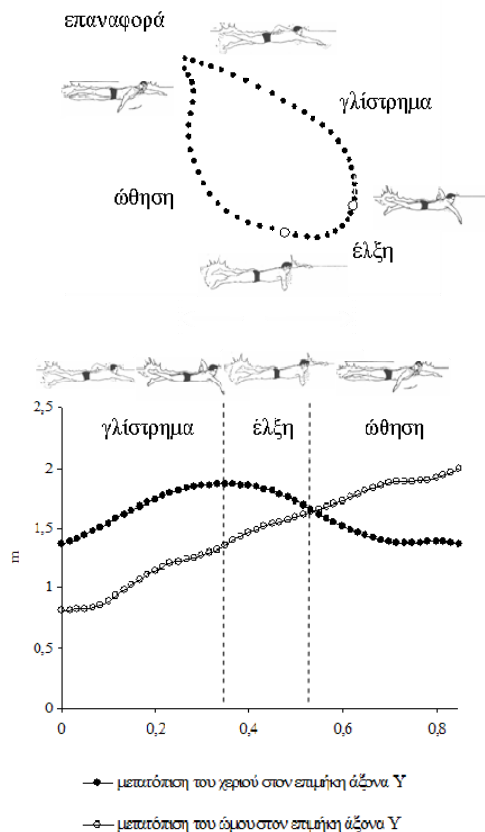
Μεθοδολογία

Δέκα κολυμβήτριες, ηλικίας 18.2 ± 4.6 ετών, ύψους 1.69 ± 0.14 m και μάζας 60 ± 6.27 kg, αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας. Οι επιδόσεις τους στα 100 m ελεύθερο σε πισίνα 50 m κυμαίνονταν από 58.41 sec έως 66.45 sec. Όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε πισίνα 25 m και κάθε κολυμβήτρια, μετά από κατάλληλη προθέρμανση 1000 m, εκτέλεσε με τυχαία σειρά 4 προσπάθειες (25 m) με μέγιστη ένταση (100%), χωρίς αντίσταση και με έλξη αντίστασης μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Για την αντίσταση μικρού μεγέθους χρησιμοποιήθηκε μια λεκάνη διαμέτρου 23 cm και χωρητικότητας 2.2 lt, για την αντίσταση μεσαίου μεγέθους μια λεκάνη διαμέτρου 26 cm και χωρητικότητας 4 lt, και για την αντίσταση μεγάλου μεγέθους μια λεκάνη διαμέτρου 32 cm και χωρητικότητας 6.5 lt. Η λεκάνη έλκονταν κάθε φορά 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 (Mavridis et al., 2006). Σύμφωνα με τους Kolmogorov και Duplisheva (1992), για να αποφευχθούν τυχόν κυματισμοί που μπορεί να επηρεάσουν την κίνηση της αντίστασης, θα πρέπει η απόσταση της από τα πόδια του κολυμβητή να ανέρχεται σε 3.5 έως 4.5 φορές το ύψος του. Ωστόσο, στην προαναφερόμενη μελέτη 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. Επιπλέον, οι κολυμβήτριες ήταν χαμηλότερου επιπέδου και έτσι ως συμβιβαστική λύση επιλέχθηκε η απόσταση των 4 m, καθώς κατά τη διάρκεια σχετικών δοκιμών δεν εντοπίστηκε κάποια εμφανής επίδραση των κυματισμών που προκαλούσε η κολυμβήτρια στην κίνηση της ελκόμενης αντίστασης. Όλες οι κολυμβήτριες ήταν εξοικειωμένες με τη συγκεκριμένη μέθοδο κολύμβησης με έλξη αντίστασης. Μεταξύ των προσπαθειών υπήρχε διάλειμμα 3 min για να αποφευχθεί η επίδραση της κόπωσης. Σε όλες τις προσπάθειες συμμετείχαν τα πόδια, ενώ στο μέσον της απόστασης, όπου καταγράφονταν η κίνηση των κολυμβητριών, κολυμπούσαν χωρίς αναστολή.

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 (Gourgoulis, Aggeloussis, Kasimatis, Vezos, Boli, & Mavromatis, 2008). 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. Για τη διαβάθμιση του χώρου καταγραφής χρησιμοποιήθηκε ένας κύβος διαβάθμισης με 24 σημεία ελέγχου, διαστάσεων 1 m x 3 m x 1 m, για τον εγκάρσιο άξονα X, τον επιμήκη άξονα Y και τον κατακόρυφο άξονα Z, αντίστοιχα. 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 το ακρώμιο, πάνω στον δεξιό ώμο, ο μείζων τροχαντήρας του μηριαίου οστού (ιοχίο), τόσο στο αριστερό, όσο και στο δεξιό πόδι, καθώς και δύο σημεία πάνω στο δεξί τους χέρι: η 2^η και η 5^η μετακαρποφαλαγγική άρθρωση. Όλα τα επλεγμένα σημεία ψηφιοποιήθηκαν χειροκίνητα μέσω του συστήματος Ariel Performance Analysis System και για τη μετατροπή των δυοδιάστατων συντεταγμένων εικόνας σε πραγματικές τριοδιάστατες συντεταγμένες 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 (Winter, 1990).

Για την λεπτομερέστερη ανάλυσή της η κίνηση του δεξιού χεριού διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις (Chollet, Chaliés, & Chatard, 2000; Gourgoulis, Aggeloussis, Vezos, Antoniou, & Mavromatis, 2008; Vorontsov & Rumyantsev, 2000): α) γλιστρημα: 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 (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Επιμέρους φάσεις της χεριάς και διαδικασία καθορισμού τους

Αποτελέσματα

Από την ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα και το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι, καθώς αυξανόταν το μέγεθος της αντίστασης, μειωνόταν στατιστικά σημαντικά η μέση κολυμβητική ταχύτητα και το μήκος χεριάς, ενώ η συχνότητα χεριάς παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, χωρίς όμως να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεγεθών αντίστασης (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Μήκος χεριάς (m), συχνότητα χεριάς (κύκλοι·sec⁻¹) και μέση κολυμβητική ταχύτητα (m· sec⁻¹) κατά την κολύμβηση χωρίς αντίσταση και την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους

	Χωρίς αντίσταση	Με έλξη αντίστασης μικρού μεγέθους	Με έλξη αντίστασης μεσαίου μεγέθους	Με έλξη αντίστασης μεγάλου μεγέθους	F- τιμή
Μήκος χεριάς	1.85 ± 0.09	1.53 ± 0.14	1.43 ± 0.12	1.30 ± 0.12	155.050 *
Συχνότητα χεριάς	0.84 ± 0.05	0.74 ± 0.06	0.73 ± 0.06	0.72 ± 0.06	48.243 *
Μέση κολυμβητική ταχύτητα	1.56 ± 0.07	1.13 ± 0.08	1.04 ± 0.09	0.94 ± 0.10	650.491 *

* p < .05

Σ' ότι αφορά τη συνολική διάρκεια της χεριάς, διαπιστώθηκε ότι κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, αυξανόταν στατιστικά σημαντικά, συγκριτικά με την κολύμβηση χωρίς αντίσταση. Ωστόσο, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεγεθών αντίστασης. Αναφορικά με τη σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων, δε διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη σχετική διάρκεια του γλιστρήματος, ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της σχετικής διάρκειας της φάσης έλξης κατά την κολύμβηση με αντίσταση μεσαίου και μεγάλου μεγέ-

Για τον καθορισμό των χρονικών παραμέτρων της χεριάς υπολογίστηκαν η συνολική της διάρκεια και η σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων. Επιπλέον, υπολογίστηκαν το μήκος και η συχνότητα χεριάς, καθώς και η μέση κολυμβητική ταχύτητα (Gourgoulis, Aggelousis, Vezos et al., 2008), ενώ κατά τη διάρκεια της υποβρύχιας έλξης υπολογίστηκαν οι πλευρικές μετατοπίσεις του χεριού, η απόλυτη μετατόπισή του προς τα πίσω στη διάρκεια των προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης (απόλυτο μήκος χεριού), η σχετική μετατόπιση του προς τα πίσω σε σχέση με το σώμα της κολυμβήτριας (σχετικό μήκος χεριάς), καθώς και η συνισταμένη ταχύτητά του (Payton & Lauder, 1995).

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα ως προς έναν παράγοντα (συνθήκη μέτρησης: χωρίς αντίσταση, με έλξη αντίστασης μικρού μεγέθους, με έλξη αντίστασης μεσαίου μεγέθους, με έλξη αντίστασης μεγάλου μεγέθους). Για τον εντοπισμό των στατιστικά σημαντικών διαφορών εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni. Ο έλεγχος της κανονικής κατανομής πραγματοποιήθηκε με το τεστ Kolmogorov - Smirnov και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως p < .05.

θους, συγκριτικά με την κολύμβηση χωρίς αντίσταση. Στατιστικά σημαντική αύξηση διαπιστώθηκε επίσης στη σχετική διάρκεια της φάσης ώθησης κατά την κολύμβηση με αντίσταση όλων των μεγεθών, συγκριτικά με την κολύμβηση χωρίς αντίσταση, χωρίς όμως να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεγεθών αντίστασης. Η σχετική διάρκεια της επαναφοράς παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, συγκριτικά με την κολύμβηση χωρίς αντίσταση. Ανεξάρτητα από το μέγεθος της επιπρόσθετης αντίστασης, διαπιστώθηκε επίσης στατιστικά σημαντική αύξηση της σχετικής διάρκειας της συνολικής προωθητικής φάσης και στατιστικά σημαντική μείωση της συνολικής μη προωθητικής φάσης, ενώ δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεγεθών αντίστασης (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Συνολική διάρκεια χεριάς (sec) και σχετική διάρκεια (%) των επιμέρους φάσεων κατά την κολύμβηση χωρίς αντίσταση και την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους

	Χωρίς αντίσταση	Με έλξη αντίστασης μικρού μεγέθους	Με έλξη αντίστασης μεσαίου μεγέθους	Με έλξη αντίστασης μεγάλου μεγέθους	F- τιμή
Συνολική διάρκεια χεριάς	1.19 ± 0.10	1.35 ± 0.11	1.37 ± 0.10	1.38 ± 0.10	40.763 *
Γλιστρημα	33.29 ± 5.89	31.50 ± 5.29	32.72 ± 5.24	32.29 ± 4.74	1.544
Έλξη	16.18 ± 2.16	18.22 ± 2.71	19.19 ± 1.80	20.17 ± 1.65	9.455 *
Ώθηση	21.21 ± 3.67	23.16 ± 3.34	24.31 ± 2.94	24.14 ± 2.57	9.082 *
Επαναφορά	29.33 ± 5.18	27.12 ± 3.93	23.79 ± 4.36	23.40 ± 4.10	34.359 *
Προωθητική φάση (έλξη + ώθηση)	37.38 ± 4.82	41.38 ± 3.80	43.49 ± 2.97	44.31 ± 1.95	25.120 *
Μη προωθητική φάση (επαναφορά + γλιστρημα)	62.62 ± 4.82	58.62 ± 3.80	56.50 ± 2.97	55.69 ± 1.95	25.120 *

* $p < .05$

Στατιστικά σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν επίσης στο απόλυτο μήκος χεριάς, δηλαδή στη μετατόπιση του χεριού προς τα πίσω σε σχέση με το νερό, το οποίο αυξανόταν καθώς αυξανόταν το μέγεθος της αντίστασης. Αντίθετα, δε διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο σχετικό μήκος χεριάς, δηλαδή στη μετατόπιση του χεριού προς τα πίσω σε σχέση με το σώμα, το οποίο παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητο. Αναφορικά με τις πλευρικές μετατοπίσεις του χεριού, δε διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία από τις επιμέρους πλευρικές μετατοπίσεις του στις τέσσερις συνθήκες μέτρησης, καθώς επίσης και στη συνολική πλευρική του μετατόπιση. Επιπλέον, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, καθώς αυξανόταν το μέγεθος της αντίστασης, δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή στη μέση συνισταμένη ταχύτητα κίνησης του χεριού, τόσο κατά την έλξη, όσο και κατά την ώθηση (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Μετατοπίσεις (m) και μέση συνισταμένη ταχύτητα κίνησης ($m \cdot sec^{-1}$) του χεριού κατά την κολύμβηση χωρίς αντίσταση και την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους.

	Χωρίς αντίσταση	Με έλξη αντίστασης μικρού μεγέθους	Με έλξη αντίστασης μεσαίου μεγέθους	Με έλξη αντίστασης μεγάλου μεγέθους	F- τιμή
Απόλυτο μήκος χεριάς	0.49 ± 0.07	0.56 ± 0.06	0.61 ± 0.06	0.65 ± 0.06	23.707 *
Σχετικό μήκος χεριάς	1.31 ± 0.09	1.33 ± 0.07	1.29 ± 0.09	1.31 ± 0.08	0.508
Πρώτη πλευρική μετατόπιση προς τα έξω	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.07	0.20 ± 0.06	0.19 ± 0.08	0.140
Πλευρική μετατόπιση προς τα μέσα	0.12 ± 0.06	0.14 ± 0.07	0.13 ± 0.08	0.13 ± 0.09	0.706
Δεύτερη πλευρική μετατόπιση προς τα έξω	0.12 ± 0.09	0.14 ± 0.08	0.13 ± 0.09	0.11 ± 0.08	1.245
Συνολική πλευρική μετατόπιση	0.45 ± 0.13	0.48 ± 0.15	0.46 ± 0.16	0.44 ± 0.19	1.168
Ταχύτητα χεριού κατά την έλξη	1.87 ± 0.17	1.83 ± 0.18	1.76 ± 0.12	1.79 ± 0.15	2.150
Ταχύτητα χεριού κατά την ώθηση	2.45 ± 0.18	2.35 ± 0.31	2.39 ± 0.17	2.40 ± 0.23	1.211

* $p < .05$

Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προέκυψε ότι κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μειωνόταν σημαντικά τόσο η συχνότητα, όσο και το μήκος χεριάς, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα των Maglischo et al. (1985), Takahashi & Wilson (1997), Williams et al. (2001) και Llop et al. (2006). Αυτές οι διαφοροποιήσεις είχαν ως συνέπεια τη σημαντική μείωση της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας, κάτι που ήταν αναμενόμενο λόγω της αυξημένης αντίστασης που έπρεπε να υπερνικήσουν οι κολυμβήτριες (Toussaint & Beek, 1992). Καθώς αυξανόταν το μέγεθος της αντίστασης, μειωνόταν σημαντικά όλο και περισσότερο η μέση κολυμβητική ταχύτητα. Ωστόσο, αυτή η μείωση δεν οφειλόταν στην περαιτέρω μείωση της συχνότητας χεριάς, αλλά μόνο στην επιπλέον μείωση του μήκους χεριάς, καθώς η συχνότητα χεριάς παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη με την αύξηση της αντίστασης.

Σ' ότι αφορά τις χρονικές παραμέτρους της χεριάς, διαπιστώθηκε ότι κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, αυξάνονταν σημαντικά η συνολική διάρκειά της, καθώς και η σχετική διάρκεια των φάσεων της έλξης και της ώθησης. Αντίθετα, η σχετική διάρκεια του γλιστρήματος δε διαφοροποιήθηκε σημαντικά, ενώ η σχετική διάρκεια της επαναφοράς παρουσίασε σημαντική μείωση. Αυτές οι μεταβολές επέφεραν σημαντική αύξηση της σχετικής διάρκειας της συνολικής προωθητικής φάσης και μείωση της σχετικής διάρκειας της συνολικής μη προωθητικής φάσης, ανεξάρτητα από το μέγεθος της επιπρόσθετης αντίστασης, καταδεικνύοντας ότι κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης αυξάνεται ο σχετικός χρόνος εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται να επιτυγχάνεται μια αποτελεσματικότερη αλληλουχία στην εφαρμογή τους (Hue, Benavente, & Chollet, 2003). Σύμφωνα άλλωστε 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.

Κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, παρ' όλο που αυξανόταν η σχετική διάρκεια των κυρίως προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης, καθώς και η συνολική διάρκεια της χεριάς, δεν σημειώθηκε αύξηση του μεγέθους των πλευρικών μετατοπίσεων του χεριού, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με τους Williams et al. (2001). Αντίθετα, διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση του απόλυτου μήκους χεριάς, δηλαδή της μετατόπισης του χεριού προς τα πίσω σε σχέση με το νερό. Καθώς δε διαφοροποιήθηκε το σχετικό μήκος χεριάς, δηλαδή δε μειώθηκε η μετατόπιση του χεριού προς τα πίσω σε σχέση με το σώμα, η αύξηση του απόλυτου μήκους χεριάς θα πρέπει να αποδοθεί στην αυξημένη αντίσταση που έπρεπε να υπερνικήσουν οι κολυμβήτριες κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, κάτι που επέφερε μείωση του μήκους χεριάς, δηλαδή μείωση της μετατόπισης του σώματος της κάθε κολυμβήτριας προς τα εμπρός σε κάθε κύκλο χεριάς (Payton & Lauder, 1995). Επιπλέον, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης, δε διαφοροποιήθηκε η μέση συνισταμένη ταχύτητα κίνησης του χεριού κατά τη διάρκεια των προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης, καθώς η αύξηση της διάρκειας της χεριάς συνοδεύτηκε από ταυτόχρονη αύξηση της μετατόπισης του χεριού προς τα πίσω σε σχέση με το νερό. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Williams et al. (2001), οι οποίοι δεν διαπίστωσαν διαφορές στη μέγιστη ταχύτητα του χεριού, κατά την ελεύθερη κολύμβηση και την κολύμβηση σπριντ με έλξη αντίστασης.

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Κατά την κολύμβηση με έλξη των συγκεκριμένων αντιστάσεων, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, δε διαφοροποιείται το μέγεθος των πλευρικών μετατοπίσεων του χεριού και η μέση συνισταμένη ταχύτητα κίνησής του. Αντίθετα, αυξάνεται η σχετική διάρκεια των φάσεων της έλξης και της ώθησης. Συνεπώς, φαίνεται να αυξάνεται ο χρόνος εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων, οπότε υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι η κολύμβηση με έλξη αντίστασης αποτελεί μια εξειδικευμένη μορφή προπόνησης. Παρ' όλα αυτά, το γεγονός ότι κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης σημειώνεται σημαντική μείωση του μήκους και της συχνότητας χεριάς, θα μπορούσε να ληφθεί ως μια αρνητική επίδραση, καθώς οι κολυμβητές πρέπει να επιδιώκουν την αύξηση του μήκους και τη διατήρηση της συχνότητας χεριάς τους. Ωστόσο, οι μεταβολές που διαπιστώθηκαν στην παρούσα μελέτη αποτελούν μια άμεση επίδραση της έλξης αντίστασης, ενώ οι μακροπρόθεσμες προσαρμογές μπορεί να είναι τελείως διαφορετικές και να εξαρτώνται σε μεγαλύτερο βαθμό από το μέγεθος της εξωτερικής αντίστασης και το επίπεδο των κολυμβητών, κάτι που απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

Βιβλιογραφία

- Canavan, P. K., Garrett, G. E., & Armstrong L. E. (1996). Kinematic and kinetic relationships between an Olympic – style lift and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10 (2), 127–130.
- Chollet, D., Chaliès, 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.
- Girold, S., Maurin, D., Dugué, B., Chatard, J.C., & Millet, G. (2007). Effects of dry-land vs. resisted and assisted - sprint exercises on swimming sprint performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (2), 599 – 605.
- Girold, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhau, N., & Chatard, J.C. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (3), 547 – 554.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Vezos, N., Boli, A., & Mavromatis, G. (2008a). Reconstruction accuracy in underwater three dimensional kinematic analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 90-95.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Vezos, N., Antoniou, P., & Mavromatis, G. (2008b). Hand orientation in hand paddle swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 429 – 434.
- Hawley, J.A., Williams, M.M., Victory, M.M., & Handcock, P.J. (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performances. *British Journal of Sports Medicine*, 26, 151 – 155.
- 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.
- 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). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Llop, F., Tella, V., Colado, J.C., Diaz, G., & Navarro, F. (2006). Evolution of butterfly technique when resisted swimming with parachute, using different resistances. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves, and A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in swimming* (pp. 302 – 304). *Xth International Symposium*, Porto, Portugal.
- 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.
- Maglischo, C.W., Maglischo, E.W., Sharp, R.L., Zier, D.J., & Katz, A. (1984). Tethered and nontethered crawl swimming. In: J. Terauds, K. Barthels, E. Kreighbaum, R. Mann, and J. Crakes (Eds.), *Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics* (pp. 163-176). Del Mar, CA: Academic Publication
- Maglischo, E.W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Maglischo, E.W., Maglischo, C.W., Zier, D.J., & Santos, T.R. (1985). The effect of sprint – assisted and sprint resisted swimming on stroke mechanics. *Journal of Swimming Research*, 1, 27-33.
- Mavridis, G., Kabitsis, Ch., Gourgoulis, V., & Toubekis, A. (2006). Swimming velocity improved by specific resistance training in age-group swimmers. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves, , A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in swimming* (pp. 304 – 306). *Xth International Symposium*, Porto, Portugal.
- Morrison, L., Peyrebrune, M., & Folland, J. (2005). Resisted – swimming training improves 100 m freestyle performance in elite swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 23 (11/12), 1295.
- Payton, C.J., & Lauder, M.A. (1995). The influence of hand paddles on the kinematics of front crawl swimming. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 175 – 192.
- Sanders, R. (2002). New analysis procedures for giving feedback t swimming coaches and swimmers. In: Gianikellis, K.E., Mason, B.R., Toussaint, H.M., Arellano, R., & Sanders, R.H. (Eds.). *Scientific Proceedings – Applied Program – XXth International Symposium on Biomechanics in Sports – Swimming* (pp. 1 – 14). Caceres, Spain: University of Extramedura.
- Schleihauf, R.E. (1983). Specificity of strength training in swimming: A biomechanical viewpoint. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing, and G. de Groot (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 184–191). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Sharp, R.L., Troup, J.P., & Costill, D.L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 53-56.
- Smith, D.J., Norris S.R., & Hogg, J.M. (2000). Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Medicine*, 32, 539 - 554.
- Takahashi, T., & Wilson, B.D. (1997). The effects of tethered swimming on freestyle stroke techniques. *Book of Abstracts for the 16th Congress of the International Society of Biomechanics*, Tokyo, Japan, August 25-29.
- Tanaka, H., & Swensen, T. (1998). Impact of resistance training on endurance performance: A new form of cross-training? *Sports Medicine*, 25 (3), 191 - 200.
- Toussaint, H.M., & Beek, P.J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*, 13 (1), 8-24.
- Toussaint, H.M., & Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 228 - 233.
- Vorontsov, A.R., & Rumyantsev, V.A. (2000). Propulsive forces in swimming. In: Zatsiorsky, V.M. (Ed.), *Biomechanics in Sport - Performance, enhancement and injury prevention* (pp. 205-231). Oxford: Blackwell Science.
- Williams, B.K., Sinclair, P., & Galloway, M. (2001). The effect of resisted and assisted freestyle swimming on stroke mechanics. In: J.R. Blackwell and R.H. Sanders (Eds.), *Proceedings of Swim Sessions. XIX International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp 131 - 134). San Francisco: University of San Francisco.
- Winter, D.A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. New York: John Wiley and Sons.

