

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Τρισέλιδες Εργασίες που παρουσιάστηκαν κατά το
16^ο Διεθνές Συνέδριο Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού

CONTENTS

Short papers presented during the
16th International Congress of Physical Education and Sport



Υπεύθυνος έκδοσης/Editor:
Γεώργιος Κώστα / George Costa

Επιμέλεια Ύλης/Content Administration:
Ευστρατία Τσίτσκαρη / Efstratia Tsitskari

Υπεύθυνη Επιστημονικών Εργασιών/Manuscripts Administration:
Ευστρατία Τσίτσκαρη / Efstratia Tsitskari

Υπεύθυνος Ανάρτησης Εργασιών στον Ιστοχώρο/Webmaster:
Νικόλαος Βερναδάκης / Nicholas Vernadakis

ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

1.

Γούργουλης Β., Αγγελούσης Ν., Βέζος Ν., Κασιμάτης Π., Μαυρομμάτης Γ.

[ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΩΘΗΤΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ](#)

V. Gourgoulis, N. Aggeloussis, N. Vezos, P. Kasimatis, G. Mavrommatis

[ERRORS IN THE ESTIMATION OF PROPULSIVE FORCES IN SWIMMING](#)

2.

Τριανταφύλλου Δ., Γούργουλης Β., Αγγελούσης Ν., Αντωνίου Π.

[ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΜΕ](#)

[ΕΛΞΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ](#)

D. Triantafyllou, V. Gourgoulis, N. Aggeloussis, P. Antoniou

[MODIFICATION OF THE INDEX OF COORDINATION DURING FRONT CRAWL SWIMMING](#)

[WITH ADDED RESISTANCE WHICH WAS APPLIED BY A BOWL OF SMALL SIZE](#)

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΘΗΤΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ

Γούργουλης Β., Αγγελούσης Ν., Βέζος Ν., Κασιμάτης Π., Μαυρομμάτης Γ.

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού,
69100 Κομοτηνή

Περίληψη

Η εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων του χεριού στην κολύμβηση βασίζεται σε ένα συνδυασμό κινηματικών δεδομένων και υδροδυναμικών συντελεστών και κατά συνέπεια, καθώς δεν καταγράφονται άμεσα, ο υπολογισμός τους εμπεριέχει σφάλματα. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η καταγραφή του μεγέθους του σφάλματος κατά τη διαβάθμιση του χώρου, κατά τη διάρκεια υποβρύχιων λήψεων λόγω του φαινομένου της διάθλασης και κατά την εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης. Για την καταγραφή του μεγέθους του σφάλματος κατά τη διαβάθμιση του χώρου και κατά τη διάρκεια υποβρύχιων λήψεων χρησιμοποιήθηκε ένας κύβος με 24 σημεία ελέγχου, που καταγράφηκε έξω από το νερό και μέσα στο νερό από δύο κάμερες (60 Hz). Πάνω στον κύβο τοποθετήθηκαν 8 επιπλέον σημεία μέσω των οποίων υπολογίστηκε το RMS σφάλμα αναδόμησης κάτω από στατικές συνθήκες. Για το υπολογισμό του σφάλματος αναδόμησης κάτω από δυναμικές συνθήκες υπολογίστηκε το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση του μήκους μιας ράβδου 30 cm, ενώ επιπλέον υπολογίστηκε και το σφάλμα κατά την αναδόμηση του μήκους δύο διανυσμάτων πάνω στο χέρι μιας κολυμβήτριας, που ορίστηκαν από το κέντρο του καρπού και την άκρη του μεσαίου δακτύλου (διάνυσμα WI), και την δεύτερη και πέμπτη μετακαρποφαλαγγική άρθρωση (διάνυσμα PT), αντίστοιχα, μετά από 8 επαναλαμβανόμενες ψηφιοποιήσεις της ίδιας προσπάθειας της κολυμβήτριας. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι το RMS σφάλμα της διαβάθμισης έξω από το νερό ήταν για τον εγκάρσιο, τον επιμήκη και τον κατακόρυφο άξονα 2.10, 3.29 και 2.39 mm, ενώ μέσα στο νερό ανέρχονταν σε 2.35, 4.64 και 2.59 mm, αντίστοιχα. Το RMS σφάλμα αναδόμησης του μήκους της ράβδου ήταν έξω από νερό 0.44%, ενώ μέσα στο νερό 1.28%. Το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση του μήκους των διανυσμάτων WI και PT για τη συνολική υποβρύχια κίνηση του χεριού ήταν 2.24 και 9.12%, αντίστοιχα. Το σφάλμα της μέτρησης ανέρχονταν για τη γωνία επίθεσης σε 3.18 μοίρες, για τη γωνία καθοδήγησης σε 2.70 μοίρες, για τη δύναμη έλξης σε 0.59 Nt, για τη δύναμη ανύψωσης σε 0.69 Nt και για τη συνισταμένη δύναμη σε 0.91 Nt. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι παρά την παρουσία σφαλμάτων κατά την εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων, το μέγεθός τους

δεν είναι υψηλό και κατά συνέπεια η συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έγκυρη εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων στην κολύμβηση.

Λέξεις κλειδιά: κολύμβηση, υποβρύχια λήψη, σφάλματα, διάθλαση, προωθητικές δυνάμεις

Γούργουλης Βασίλειος

Διεύθυνση: Τ.Ε.Φ.Α.Α., Δ.Π.Θ., Πανεπιστημιούπολη Κομοτηνής, Τ.Κ. 69100

Τηλ.: 25310 39656

e-mail: vgoyrgoy@phyed.duth.gr

ERRORS IN THE ESTIMATION OF PROPULSIVE FORCES IN SWIMMING

V. Gourgoulis, N. Aggeloussis, N. Vezos, P. Kasimatis, G. Mavrommatis

Democritus University of Thrace, Department of Physical Education and Sport
Science, 69100 Komotini

Abstract

For the estimation of the propulsive forces of the hand in swimming a combination of kinematic data and hydrodynamic coefficients is often used. However, both data are not recorded directly and thus a certain amount of error is inevitable. The purpose of the present study was to determine the error during the calibration of the recorded space, during underwater recordings due to refraction and in the estimation of the propulsive forces of the hand in front crawl swimming. A calibration frame with 24 control points was used in order to determine the error during the calibration of the recording space and during the underwater recordings. The frame was recorded with two cameras (60 Hz) under the water and out of the water. In order to determine the RMS reconstruction error in static conditions 8 validation points on the calibration frame were used. The reconstruction error in dynamic conditions was determined as the RMS error of the reconstructed length of a 30 cm long rod and additionally as the RMS error in the reconstruction of the length of two vectors onto the hand of one female swimmer, after 8 repeated digitizations of the same trial of the swimmer. These two vectors were defined from the center of the wrist and the tip of the third finger (vector WI), and the 2nd and 5th metacarpophalangeal joints (vector PT), respectively. The results revealed that the RMS

reconstruction error out of the water was 2.10, 3.29 and 2.39 mm for the transverse, the longitudinal and the vertical axis, respectively, while the corresponding values under the water were 2.35, 4.64 and 2.59 mm, respectively. The RMS error for the reconstruction of the length of the rod was 0.44% out of the water and 1.28% under the water. The RMS error for the reconstruction of the length of the vectors WI and PT for the whole underwater movement was 2.24 and 9.12%, respectively. The error in the estimation of the pitch angle, the sweepback angle, the drag force, the lift force and the resultant force was 3.18 degrees, 2.70 degrees, 0.59 Nt, 0.69 Nt and 0.91 Nt, respectively. It is concluded that despite the presence of errors in the estimation of the propulsive forces, their values are not high and consequently the above methodology can be used for the valid estimation of the propulsive forces in swimming.

Key word: swimming, underwater recording, error, refraction, propulsive forces

Vassilios Gourgoulis

Address: Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, University Campus, Komotini, 69100

Telephone number: 0030 25310 39656

e-mail: vgoyrgoy@phyed.duth.gr

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΘΗΤΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ

Εισαγωγή

Η πιο δημοφιλής διαδικασία για την εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων του χεριού κατά την κολύμβηση βασίζεται σε ένα συνδυασμό κινηματικών δεδομένων, που προέρχονται από τρισδιάστατη κινηματική ανάλυση της υποβρύχιας κίνησης του χεριού και υδροδυναμικών συντελεστών, που εξάγονται από πειράματα με μηχανικό ομοίωμα χεριού σε κανάλια νερού (Payton & Bartlett, 1995). Καθώς οι προωθητικές δυνάμεις δεν καταγράφονται άμεσα αλλά εκτιμώνται βάσει κινηματικών δεδομένων εμπεριέχουν σφάλματα που οφείλονται στη διαβάθμιση του χώρου, σφάλματα λόγω της διάθλασης κατά τη διάρκεια των υποβρύχιων λήψεων (Lauder, Dabnichki & Bartlett, 1998), σφάλματα κατά την ψηφιοποίηση επιλεγμένων σημείων πάνω στο χέρι, σφάλματα κατά τον υπολογισμό των γωνιών επίθεσης και καθοδήγησης του χεριού (Payton & Bartlett, 1995), ενώ επιπλέον, καθώς οι

προωθητικές δυνάμεις εκτιμώνται βάσει συγκεκριμένων υδροδυναμικών συντελεστών, εμπεριέχουν επιπλέον σφάλματα καθώς το μέγεθος των υδροδυναμικών συντελεστών εξαρτάται από το σχήμα του ομοιώματος του χεριού, τη θέση των δακτύλων και ιδιαίτερα του αντίχειρα (Sanders, 1999).

Σκοπός λοιπόν της παρούσας μελέτης ήταν η καταγραφή του μεγέθους του σφάλματος κατά τη διαβάθμιση του χώρου, κατά τη διάρκεια υποβρύχιων λήψεων, κατά την ψηφιοποίηση επιλεγμένων σημείων πάνω στο χέρι, κατά τον υπολογισμό των γωνιών επίθεσης και καθοδήγησης του χεριού και κατά την εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης.

Μέθοδος

Για την καταγραφή του μεγέθους του σφάλματος κατά τη διαβάθμιση του χώρου και κατά τη διάρκεια υποβρύχιων λήψεων, χρησιμοποιήθηκε ένας κύβος διαστάσεων 1m x 3 m x 1m, ο οποίος καταγράφηκε έξω από το νερό και μέσα στο νερό από δύο αναλογικές κάμερες (60 Hz), που τοποθετήθηκαν πίσω από δύο ειδικά διαμορφωμένα περισκόπια και οι οπτικοί τους άξονες σχημάτιζαν μεταξύ τους γωνία 41 μοιρών. Πάνω στον κύβο τοποθετήθηκαν 24 σημεία ελέγχου και η διαβάθμιση του χώρου πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθόδου DLT. Όλες οι ψηφιοποιήσεις πραγματοποιήθηκαν χειροκίνητα μέσω του συστήματος Ariel Performance Analysis System.

Για τον υπολογισμό του σφάλματος αναδόμησης των τρισδιάστατων συντεταγμένων κάτω από στατικές συνθήκες υπολογίστηκε το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση των συντεταγμένων 8 επιπλέον σημεία πάνω στον κύβο διαβάθμισης, τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν για τη διαβάθμιση του χώρου. Οι τιμές του RMS σφάλματος σε στατικές συνθήκες υπολογίστηκαν για κάθε άξονα ξεχωριστά, μετά από καταγραφή του κύβου διαβάθμισης τόσο έξω από το νερό, όσο και μέσα στο νερό, βάσει των εξισώσεων:

$$\epsilon_{X_r} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{\eta} - X_i)^2}{N}} \quad \epsilon_{Y_r} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_{\eta} - Y_i)^2}{N}} \quad \epsilon_{Z_r} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Z_{\eta} - Z_i)^2}{N}}$$

όπου ϵ_{X_r} , ϵ_{Y_r} , ϵ_{Z_r} ήταν οι τιμές του RMS σφάλματος για κάθε έναν από τους άξονες X, Y και Z, X_{η} , Y_{η} , Z_{η} ήταν η πραγματική συντεταγμένη, X_i , Y_i , Z_i ήταν η υπολογιζόμενη (αναδομούμενη) συντεταγμένη και N ήταν ο αριθμός των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Για το υπολογισμό του σφάλματος αναδόμησης κάτω από δυναμικές συνθήκες υπολογίστηκε το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση του μήκους μιας ράβδου 30 cm, η οποία κινήθηκε τυχαία μέσα στο διαβαθμισμένο χώρο, τόσο έξω, όσο και μέσα στο νερό,

ως η μέση τιμή του RMS σφάλματος κατά την ψηφιοποίηση 48 εικόνων βάσει της εξίσωσης:

$$\text{RMS (\% μήκους)} = \sqrt{\frac{\sum (L_R - L_i)^2}{N}} \cdot \frac{100}{L_R}$$

όπου L_R ήταν το γνωστό μήκος της ράβδου, L_i ήταν το υπολογιζόμενο μήκος της ράβδου και N ήταν ο αριθμός των εικόνων που ψηφιοποιήθηκαν.

Επιπλέον, με τον ίδιο τρόπο υπολογίστηκε και το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση του μήκους δύο διανυσμάτων πάνω στο χέρι μιας κολυμβήτριας, η οποία διένυσε με ελεύθερο στυλ κολύμβησης και μέγιστη ένταση (100%) μια απόσταση 25 m. Τα δύο διανύσματα πάνω στο χέρι της κολυμβήτριας ορίστηκαν από το κέντρο του καρπού και την άκρη του μεσαίου δακτύλου (διάνυσμα WI), και την δεύτερη και πέμπτη μετακαρποφαλαγγική άρθρωση (διάνυσμα PT), αντίστοιχα. Τα συγκεκριμένα διανύσματα χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για τον καθορισμό ενός τοπικού συστήματος συντεταγμένων του χεριού, βάσει του οποίου καθορίστηκαν η γωνία επίθεσης και η γωνία καθοδήγησης του χεριού. Το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση των δύο διανυσμάτων υπολογίστηκε για ολόκληρη, καθώς και για κάθε μία από τις επιμέρους φάσεις της υποβρύχιας κίνησης του χεριού (γλίστρημα, έλξη, ώθηση) και εκφράστηκε ως ο μέσος όρος του RMS σφάλματος μετά από 8 επαναλαμβανόμενες ψηφιοποιήσεις της ίδιας προσπάθειας της κολυμβήτριας.

Οι προωθητικές δυνάμεις του χεριού, δηλαδή η δύναμη έλξης και η δύναμη ανύψωσης, καθώς και η συνισταμένη δύναμη και η προωθητική δύναμη του χεριού υπολογίστηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τον Sanders (1999). Για τον υπολογισμό των σφαλμάτων κατά την εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων υπολογίστηκε το 95% διάστημα εμπιστοσύνης μετά από τις 8 επαναλαμβανόμενες ψηφιοποιήσεις της ίδιας προσπάθειας της κολυμβήτριας.

Αποτελέσματα

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι σε στατικές συνθήκες μέτρησης το RMS σφάλμα της διαβάθμισης έξω από το νερό για το εγκάρσιο (X), τον επιμήκη (Y) και τον κατακόρυφο άξονα (Z) ήταν 2.10 ± 0.42 , 3.29 ± 0.79 και 2.39 ± 0.46 mm, ενώ μέσα στο νερό ανέρχονταν σε 2.35 ± 0.46 , 4.64 ± 1.79 και 2.59 ± 0.43 mm, αντίστοιχα.

Κάτω από δυναμικές συνθήκες μέτρησης το RMS κατά την αναδόμηση του μήκους μιας ράβδου 30 cm ήταν έξω από νερό 0.44%, ενώ μέσα στο νερό 1.28%. Επιπλέον, το RMS σφάλμα κατά την αναδόμηση του μήκους των διανυσμάτων WI και PT για τη

συνολική υποβρύχια κίνηση του χεριού ήταν 2.24 ± 1.48 και 9.12 ± 5.56 %, κατά τη φάση του γλιστρήματος ήταν 2.19 ± 1.52 και 11.54 ± 8.58 %, κατά τη φάση της έλξης ήταν 2.71 ± 1.77 και 4.35 ± 0.27 % και κατά τη φάση της ώθησης ήταν 1.77 ± 0.87 και 5.30 ± 0.57 %, αντίστοιχα.

Το σφάλμα της μέτρησης μετά από 8 ψηφιοποιήσεις της ίδια προσπάθειας της κολυμβήτριας ανέρχονταν για την ταχύτητα του χεριού σε 0.04 ± 0.05 m·sec⁻¹, για την γωνία επίθεσης σε 3.18 ± 4.03 μοίρες, για την γωνία καθοδήγησης σε 2.70 ± 2.95 μοίρες, για την δύναμη έλξης σε 0.59 ± 1.06 Nt, για τη δύναμη ανύψωσης σε 0.69 ± 1.02 Nt, για τη συνισταμένη δύναμη σε 0.91 ± 1.41 Nt και για την προωθητική δύναμη σε 0.40 ± 0.47 Nt.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι παρά την παρουσία σφαλμάτων κατά την εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων, το μέγεθός τους δεν είναι υψηλό (Lauder et al., 1998; Payton & Bartlett, 1995; Yanai, Hay & Gerot, 1996) και κατά συνέπεια η συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έγκυρη εκτίμηση των προωθητικών δυνάμεων στην κολύμβηση, όπου ακόμη και αν το απόλυτο μέγεθός τους δεν μπορεί να υπολογιστεί με απόλυτη ακρίβεια, μπορούν να εξαχθούν χρήσιμες πληροφορίες για το πρότυπο της εφαρμογής τους.

Βιβλιογραφία

- LAUDER M.A., DABNICHKI P. & BARTLETT R.M. (1998). Three-dimensional reconstruction accuracy within a calibrated volume. In S. Haake (ed). *Proceedings of the 2nd International Conference on the Engineering of Sport*, Blackwell Science, pp. 441 – 448.
- PAYTON C. & BARTLETT R. (1995). Estimating propulsive forces in swimming from three-dimensional kinematic data. *Journal of Sports Sciences*, 13, 447 – 454.
- SANDERS R. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 3 – 26.
- YANAI T., HAY J.G. & GEROT J.T. (1996). Three-dimensional videography of swimming with panning periscopes. *Journal of Biomechanics*, 29, 5, 673 – 678.

ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΜΕ ΕΛΞΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

Τριανταφύλλου Δ., Γούργουλης Β., Αγγελούσης Ν., Αντωνίου Π.

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού,
69100, Κομοτηνή

Περίληψη

Η κολύμβηση με έλξη αντίστασης αποτελεί μια από τις μεθόδους για τη βελτίωση της δύναμης των άνω άκρων, με απώτερο σκοπό την αύξηση της κολυμβητικής ταχύτητας, ενώ ο τρόπος συγχρονισμού μεταξύ των χεριών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αποτελεσματική εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της διαφοροποίησης του τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση με έλξη αντίστασης. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβήτριες που κολύμπησαν 25 m με μέγιστη ένταση, μια φορά χωρίς έλξη αντίστασης και μια φορά με έλξη αντίστασης, η οποία προέρχονταν από μια λεκάνη μικρού μεγέθους, διαμέτρου 23 cm και χωρητικότητας 2.2 lt. Για την καταγραφή της υποβρύχιας κίνησης των χεριών χρησιμοποιήθηκαν 4 κάμερες (60 Hz), που τοποθετήθηκαν πίσω από περισκόπια και η ψηφιοποίηση επιλεγμένων σημείων πάνω στο σώμα έγινε μέσω του Ariel Performance Analysis System. Η κίνηση του κάθε χεριού διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις: γλιστρημα - έλξη - ώθηση - επαναφορά και υπολογίστηκε η σχετική διάρκεια της κάθε φάσης. Για τον καθορισμό του τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών υπολογίστηκε ο δείκτης συγχρονισμού (IdC), υπολογίζοντας το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών. Κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας ($t_9 = 28.258$; $p < 0.05$), της συχνότητας ($t_9 = 7.895$; $p < 0.05$) και του μήκους χεριάς ($t_9 = 10.085$; $p < 0.05$), ενώ ο δείκτης συγχρονισμού παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση ($t_9 = 6.300$; $p < 0.05$), από -13.5% σε -7.7%. Σ' ότι αφορά τη σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της σχετικής διάρκειας της φάσης έλξης ($t_9 = 3.105$; $p < 0.05$) και της φάσης ώθησης ($t_9 = 4.501$; $p < 0.05$), ενώ αντίθετα μειώθηκε η σχετική διάρκεια του γλιστρήματος ($t_9 = 3.487$; $p < 0.05$) και δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά η σχετική διάρκεια της επαναφοράς. Κατά συνέπεια, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μικρού μεγέθους, παρόλο που το πρότυπο συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών παραμένει στο μοντέλο του πιασίματος ($IdC < 0$), μειώνεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών,

καθώς αυξάνεται ο δείκτης συγχρονισμού. Αυτή η διαφοροποίηση οφείλεται στην αύξηση της σχετικής διάρκειας των προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης και στη μείωση της σχετικής διάρκειας των μη προωθητικών φάσεων του γλιστρήματος και της επαναφοράς.

Λέξεις κλειδιά: κολύμβηση, συγχρονισμός, έλξη αντίστασης

Τριανταφύλλου Δημήτριος

Διεύθυνση: Χαριλάου Τρικούπη 96, Κορυδαλλός, Τ.Κ 18120

Τηλ.: 210-4973733

e-mail: jimtrian@hotmail.com

MODIFICATION OF THE INDEX OF COORDINATION DURING FRONT CRAWL SWIMMING WITH ADDED RESISTANCE WHICH WAS APPLIED BY A BOWL OF SMALL SIZE

D. Triantafyllou, V. Gourgoulis, N. Aggeloussis, P. Antoniou

Democritus University of Thrace, Department of Physical Education and Sport Science,
69100, Komotini, Greece

Abstract

Resisted swimming is one of the methods used to improve the arm's strength, in order to improve the swimming velocity. On the other hand, the pattern of arm coordination is of decisive importance for the effective application of propulsive forces. The purpose of the present study was to investigate possible modifications in the pattern of arm coordination during front crawl swimming with added resistance. Ten female swimmers swam 25 m front crawl with maximal intensity without and with external resistance that was provided by a small bowl with a diameter of 23 cm and capacity of 2.2 lt. Four cameras (60 Hz), who were positioned behind of four periscopes, were used for the recording of the underwater movement of the hand and the digitization of selected points onto the subject's body was undertaken using the Ariel Performance Analysis System. The whole movement of the hand was divided in four distinct phases: glide – pull – push – recovery, and the relative duration of each phase was calculated. In order to determine the pattern of coordination between the two arms, the index of coordination (IdC) was calculated using the time interval

between the propulsive phases of the two arms. The results revealed that during swimming with added resistance the mean swimming velocity ($t_9 = 28.258$; $p < 0.05$), the stroke rate ($t_9 = 7.895$; $p < 0.05$) and the stroke length ($t_9 = 10.085$; $p < 0.05$) were decreased significantly, while the index of coordination showed a statistically significant increase ($t_9 = 6.300$; $p < 0.05$), from -13.5% to -7.7%. Regarding the relative duration of the separate phases of the stroke it was observed a statistically significant increase of the pull ($t_9 = 3.105$; $p < 0.05$) and the push phase ($t_9 = 4.501$; $p < 0.05$), while the relative duration of the glide phase showed a significant decrease ($t_9 = 3.487$; $p < 0.05$) and the relative duration of the recovery phase was not altered. Consequently, during swimming with a small added resistance, although the pattern of coordination between the two arms remained in the catch up model ($IdC < 0$), the time interval between the propulsive phases of the two arms decreased, as the index of coordination increased. This modification is due to the increase of the relative duration of the propulsive phases (pull and push) and the decrease of the relative duration of the non propulsive phases (glide and recovery).

Key words: swimming, coordination, added resistance

Dimitrios Triantafyllou

Address: Harilaou Trikoupi 96, Koridallos, 18120

Telephone number: 210-4973733

email: jimtrian@hotmail.com

ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΜΕ ΕΛΞΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

Εισαγωγή

Η κολύμβηση με έλξη αντίστασης αποτελεί μια από τις μεθόδους για τη βελτίωση της δύναμης των άνω άκρων, με απώτερο σκοπό την αύξηση της κολυμβητικής ταχύτητας (Mavridis, Kabitsis, Gourgoulis & Toubekis, 2006), ενώ ο τρόπος συγχρονισμού μεταξύ των χεριών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αποτελεσματική εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων (Potdevin, Bril, Sidney & Pelayo, 2006).

Τα τελευταία χρόνια, για τη μελέτη του συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης, έχει αναπτυχθεί ο δείκτης συγχρονισμού (IdC), που βασίζεται στον υπολογισμό του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης της

προωθητικής φάσης του ενός χεριού και της λήξης της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού (Chollet, Chabies & Chatard, 2000). Όταν ο δείκτης συγχρονισμού ισούται με μηδέν ($IdC = 0$) ο συγχρονισμός μεταξύ των χεριών αντιστοιχεί στο μοντέλο της αντίθεσης και η έναρξη της προωθητικής φάσης του ενός χεριού ξεκινά τη χρονική στιγμή λήξης της προωθητικής φάσης του άλλου χεριού. Κατά συνέπεια παρατηρείται μια διαδοχική εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Όταν ο δείκτης συγχρονισμού παίρνει αρνητικές τιμές ($IdC < 0$), ο συγχρονισμός μεταξύ των δύο χεριών αντιστοιχεί στο μοντέλο του πιασίματος, όπου παρατηρείται μια χρονική καθυστέρηση στην εφαρμογή των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια, και όταν ο δείκτης συγχρονισμού παίρνει θετικές τιμές ($IdC > 0$), ο συγχρονισμός μεταξύ των δύο χεριών αντιστοιχεί στο μοντέλο της υπέρθεσης, όπου σημειώνεται επικάλυψη των προωθητικών δυνάμεων που ασκούνται από τα δύο χέρια.

Μέχρι σήμερα δεν έχει διερευνηθεί η επίδραση που μπορεί να έχει η κολύμβηση με έλξη αντίστασης στην χρονική αλληλουχία εφαρμογής των προωθητικών δυνάμεων από τα δύο χέρια. Σκοπός λοιπόν της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της διαφοροποίησης του τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών κατά την ελεύθερη κολύμβηση με έλξη αντίστασης.

Μέθοδος

Εξεταζόμενοι

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 κολυμβήτριες αγωνιστικών κατηγοριών, με αγωνιστικό στυλ την ελεύθερη κολύμβηση (ηλικίας: 18.2 ± 4.6 ετών, ύψους: 1.69 ± 0.14 m, μάζας: 60 ± 6.27 kg).

Μέσα συλλογής δεδομένων

Για την καταγραφή της υποβρύχιας κίνησης των χεριών χρησιμοποιήθηκαν 4 κάμερες (2 Panasonic PV-900 και 2 Panasonic AG-188), με συχνότητα λήψης 60Hz, οι οποίες τοποθετήθηκαν πίσω από ειδικά διαμορφωμένα περισκόπια, έτσι ώστε οι οπτικοί τους άξονες να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 41 μοιρών. Για τη διαβάθμιση του χώρου διεξαγωγής της κίνησης, χρησιμοποιήθηκε ένας κύβος διαβάθμισης διαστάσεων 1 m x 3 m x 1 m, πάνω στον οποίο τοποθετήθηκαν 24 σημεία ελέγχου. Πάνω στο δεξί και το αριστερό χέρι της κάθε κολυμβήτριας σημειώθηκαν με μαύρο μαρκαδόρο η 2^η και 5^η μετακαρποφαλαγγική άρθρωση, καθώς επίσης και το δεξί και αριστερό ισχίο στο ύψος της μείζονος τροχαντήρας του μηριαίου οστού. Η ψηφιοποίηση των επιλεγμένων σημείων πάνω στο σώμα έγινε μέσω του Ariel Performance Analysis System.

Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Κάθε κολυμβήτρια διένυσε 25 m, με μέγιστη ένταση, μια φορά χωρίς έλξη αντίστασης και μια φορά με έλξη αντίστασης, η οποία προέρχονταν από μία λεκάνη μικρού μεγέθους, διαμέτρου 23 cm και χωρητικότητας 2.2 lt. Η κίνηση του κάθε χεριού διαχωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις: (α) γλιστρημα, (β) έλξη, (γ) ώθηση και (δ) επαναφορά, και υπολογίστηκε η σχετική διάρκεια της κάθε φάσης, ενώ για τον καθορισμό του τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών υπολογίστηκε ο δείκτης συγχρονισμού (IdC), υπολογίζοντας το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τους Chollet et al. (2000). Επίσης υπολογίστηκε το μήκος και η συχνότητα χεριάς, καθώς και η μέση κολυμβητική ταχύτητα.

Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε t – test για εξαρτημένα δείγματα και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως $p < 0.05$.

Αποτελέσματα

Κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας, της συχνότητας και του μήκους χεριάς. Σ' ότι αφορά τη σχετική διάρκεια των επιμέρους φάσεων της χεριάς διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της φάσης έλξης και της φάσης ώθησης, ενώ αντίθετα μειώθηκε η σχετική διάρκεια του γλιστρήματος και δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά η σχετική διάρκεια της επαναφοράς. Αυτές οι διαφοροποιήσεις είχαν ως συνέπεια ο δείκτης συγχρονισμού να παρουσιάσει στατιστικά σημαντική αύξηση κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης (Πίνακας 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Διαφοροποίηση των επιλεγμένων παραμέτρων κατά την ελεύθερη κολύμβηση με έλξη αντίστασης συγκριτικά με την ελεύθερη κολύμβηση χωρίς έλξη αντίστασης

	χωρίς έλξη αντίστασης	με έλξη αντίστασης	t-τιμή
μέση κολυμβητική ταχύτητα (m/sec)	1.56 ± 0.07	1.14 ± 0.08	28.258*
συχνότητα χεριάς (κύκλοι/sec)	0.84 ± 0.05	0.75 ± 0.06	7.895*
μήκος χεριάς (m)	1.85 ± 0.09	1.53 ± 0.13	10.085*
σχετική διάρκεια έλξης (%)	16.49 ± 1.82	18.94 ± 1.97	3.105 *
σχετική διάρκεια ώθησης (%)	20.15 ± 2.65	22.11 ± 2.49	4.501 *
σχετική διάρκεια γλιστρήματος (%)	33.85 ± 6.02	30.98 ± 4.76	3.487 *
σχετική διάρκεια επαναφοράς (%)	29.53 ± 6.62	27.96 ± 3.96	1.611
Δείκτης συγχρονισμού (%)	-13.5 ± 4.01	-7.6 ± 3.11	6.300*

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι, κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης μικρού μεγέθους, παρόλο που το πρότυπο συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών παραμένει στο μοντέλο του πιασίματος ($IdC < 0$), μειώνεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των προωθητικών φάσεων των δύο χεριών, καθώς αυξάνεται ο δείκτης συγχρονισμού από -13.5% κατά την ελεύθερη κολύμβηση σε -7.6% κατά την κολύμβηση με έλξη αντίστασης. Αυτή η διαφοροποίηση οφείλεται στην αύξηση της σχετικής διάρκειας των προωθητικών φάσεων της έλξης και της ώθησης και στη μείωση της σχετικής διάρκειας των μη προωθητικών φάσεων του γλιστρήματος και της επαναφοράς, συμβάλλοντας έτσι ενδεχομένως στην εκμάθηση ενός αποτελεσματικότερου τρόπου συγχρονισμού μεταξύ των δύο χεριών.

Βιβλιογραφία

- CHOLLET D., CHALIES S. & CHATARD J.C. (2000). A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21: 54 – 59.
- 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. Porto. Portugal .pp. 304 – 306
- 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.