



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
τόμος 2 (2), 103 – 109
Δημοσιεύτηκε: 15 Σεπτεμβρίου 2004

Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 2 (2), 103 – 109
Released: September 15, 2004



Βιοχημική Αξιολόγηση Προπονητικών Δοκιμασιών Μέγιστης Έντασης στην Κολύμβηση

Κωνσταντίνος Καλίτσος, Αθανάσιος Καμπασακάλης, Γεώργιος Τσαλής & Βασίλης Μούγιος
ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να συγκρίνει τις συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος στο αίμα μετά από τρεις ισόχρονες προσπάθειες μέγιστης έντασης: α) στα 100 m κολύμβησης, β) στη μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση και γ) στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης. Επιπλέον, ερευνήθηκε αν υπάρχει συσχέτιση των παραμέτρων απόδοσης που χαρακτηρίζουν τις παραπάνω προσπάθειες με τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά από αυτές. Το δείγμα αποτέλεσαν έντεκα κολυμβητές και επτά κολυμβήτριες αγωνιστικής κολύμβησης. Δείγματα τριχοειδικού αίματος λήφθηκαν στο 3ο, 5ο, 7ο και 9ο λεπτό μετά το πέρας κάθε προσπάθειας για να προσδιοριστεί η μέγιστη τιμή του γαλακτικού οξέος. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά τη δοκιμασία του πάγκου προσομοιωμένης κολύμβησης (12.8 mmol/L στους άνδρες και 9.1 mmol/L στις γυναίκες) σε σύγκριση με τα 100 m κολύμβησης (14.8 και 13.5 mmol/L αντίστοιχα) και τη μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση (15.3 και 13.4 mmol/L αντίστοιχα). Η κολυμβητική ταχύτητα των κολυμβητριών στα 100 m και η ισχύς των κολυμβητών στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης σχετίστηκαν θετικά με τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά από καθεμιά από αυτές τις δοκιμασίες ($r = .773, p < .05$ και $r = .595, p < .05$ αντίστοιχα). Συμπερασματικά παρουσιάστηκε διαφοροποίηση των τριών προπονητικών δοκιμασιών ως προς τη μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα. Ωστόσο οι συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος ήταν αρκετά υψηλές, ώστε να καθιστούν και τη μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση και την προσομοιωμένη κολύμβηση κατάλληλες για την ανάπτυξη της αναερόβιας γαλακτικής ικανότητας. Επιπροσθέτως, υπήρξε περιορισμένη συσχέτιση της απόδοσης με τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος.

Λέξεις κλειδιά: γαλακτικό οξύ, επίδοση, μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση, πάγκος προσομοιωμένης κολύμβησης

Biochemical Evaluation of Maximal Training Tests in Swimming

Konstantinos Kalitsis, Athanasios Kabasakalis, Georgios Tsalis & Vassilis Mougios
Department of Physical Education and Sport Science, Aristotle University of Thessaloniki

The purpose of the present study was to compare the blood lactate concentrations after three maximal tests of equal duration: a) 100-m swimming, b) partially tethered swimming and c) biokinetic swim-bench. Furthermore, we investigated the correlation of the performance parameters that characterize the above tests with the blood lactate concentration after them. Eleven male and seven female competitive swimmers participated in this study. Capillary blood samples were obtained 3, 5, 7 and 9 min after the end of each test to define the highest lactate concentration. Analysis of the results showed significantly lower lactate concentration after the swim-bench test (12.8 mmol/L in male and 9.1 mmol/L in female swimmers) in comparison with the 100-m swim (14.8 and 13.5 mmol/L, respectively) or the partially tethered swimming test (15.3 and 13.4 mmol/L, respectively). The swimming velocity of females in the 100-m test and the power output of males in the swim-bench test were positively correlated with the lactate concentration after each of these tests ($r = .773, p < .05$, and $r = .595, p < .05$, respectively). In conclusion, there was a difference among the three tests

with regard to maximal blood lactate concentration. However, the lactate concentrations were high enough to render both the partially tethered swimming and the training in the biokinetic swim-bench appropriate for the development of anaerobic lactic capacity. Furthermore, there was limited correlation between performance and lactate concentration.

Keywords: *blood lactate, swim performance, partially tethered swimming, swim-bench*

Εισαγωγή

Για την πολύπλευρη εκγύμναση των κολυμβητών/-τριών χρησιμοποιούνται αρκετά εξειδικευμένα όργανα και μηχανήματα, τόσο εντός όσο και εκτός του νερού. Δύο από αυτά, ο πάγκος προσομοιωμένης κολύμβησης (swim-bench) και τα λάστιχα έλξης μέσα στο νερό (μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση, *partially tethered swimming*, Maglischo, 2003), είναι προσιτά και χρησιμοποιούνται συχνά από τους προπονητές. Παρόμοιες συνθήκες με το λάστιχο έλξης δημιουργούνται από κατάλληλο μηχανισμό με τον οποίο ο δοκιμαζόμενος, αφού προσδένεται σε τροχαλία με βάρη, κολυμπάει στο ίδιο σημείο (προσδεσμένη κολύμβηση, *tethered swimming*, Bonen et al., 1980). Η μόνη διαφορά της παραπάνω μεθόδου από τη μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση είναι το ότι στη δεύτερη οι κολυμβητές/-ήτριες κινούνται σχετικά αργά στο νερό ενάντια στην αντίσταση που προκαλεί το λάστιχο έλξης (Maglischo, 2003). Εκτός από τους προπονητές, πολλοί ερευνητές και συγγραφείς πρότειναν τη χρήση των παραπάνω προπονητικών μέσων για την καλύτερη εκγύμναση των κολυμβητών/-τριών (Αυλωνίτου, 2000; Colwin, 1993; Counsilman, 1979; Hannula, 1995; Maglischo, 2003; Smith, 2002).

Αρκετοί μελετητές βρήκαν θετική συσχέτιση μεταξύ της κολυμβητικής επίδοσης και της μυϊκής δύναμης ή ισχύος που μετριέται σε προπονητικά μέσα όπως ο πάγκος προσομοιωμένης κολύμβησης και η προσδεσμένη ή μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση (Costill et al., 1980; Costill et al., 1983; Crowe et al., 1999; Hawley & Williams, 1991; Hopper et al., 1980; Sharp et al., 1982). Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες στις οποίες δε βρέθηκε συνεισφορά της μυϊκής δύναμης και ισχύος στην κολυμβητική απόδοση (Dopsaj et al., 1999; Johnson et al., 1993; Tanaka et al., 1993).

Η αναερόβια διάσπαση των υδατανθράκων, όπως εκδηλώνεται με την παραγωγή γαλακτικού οξέος, έχει ερευνηθεί αρκετά στην προσδεσμένη κολύμβηση μετά από διακοπόμενες δοκιμασίες με σταδιακά αυξανόμενη ένταση μέχρι την εξάντληση (Di Carlo et al., 1991; Rinehardt, 1991; Ueda & Kurokawa, 1995). Ελάχιστα όμως έχει εξεταστεί η παραγωγή γαλακτικού οξέος σε προσδεσμένη κολύμβηση μικρής διάρκειας που αντιστοιχεί σε μικρές αποστάσεις (Mitchell & Huston, 1993). Επιπροσθέτως, τα ερευνητικά στοιχεία όσον αφορά το

βιοχημικό προφίλ της άσκησης στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης είναι περιορισμένα. Στις έρευνες που εντοπίσαμε στη βιβλιογραφία προσδιορίστηκε η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά από διάφορα πρωτόκολλα εργοδοκιμασιών με σταδιακά αυξανόμενη ένταση μέχρι την εξάντληση (Konstantaki & Swaine, 1999; Konstantaki et al., 1998; Pluto et al., 1988), ενώ δεν εντοπίστηκαν έρευνες που να έχουν εξετάσει το γαλακτικό οξύ σε μέγιστες προσπάθειες μικρής διάρκειας στο προπονητικό αυτό μέσο.

Στη βάση των παραπάνω ελλείψεων της βιβλιογραφίας, σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα μετά από ισόχρονες προσπάθειες μέγιστης έντασης α) στα 100 m κολύμβησης, β) στη μερικώς προσδεσμένη κολύμβηση και γ) στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης, καθώς και πιθανές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων τόσο στη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος όσο και στην απόδοση στις παραπάνω δοκιμασίες. Επίσης, να διερευνήσει τη συσχέτιση των παραμέτρων απόδοσης που χαρακτηρίζουν τις παραπάνω δοκιμασίες, δηλαδή της ταχύτητας στα 100 m, του μέγιστου μήκους διάτασης του λάστιχου και της ισχύος στον πάγκο με τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος μετά από αυτές. Οι ερευνητικές μας υποθέσεις ήταν ότι θα υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά τις τρεις δοκιμασίες και ότι θα υπήρχαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων απόδοσης και της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος. Τέλος, ότι θα υπήρχαν διαφορές μεταξύ των φύλων στη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και στην απόδοση στις δοκιμασίες.

Μέθοδος και Διαδικασία

Συμμετέχοντες

Στη μελέτη έλαβαν μέρος 11 κολυμβητές ηλικίας 18.6 ± 1.6 ετών (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση παντού) και 7 κολυμβήτριες ηλικίας 19.0 ± 1.9 ετών αγωνιστικής κολύμβησης. Οι κολυμβητές είχαν μεση προπονητική ηλικία 8.0 ± 2.5 έτη και οι κολυμβήτριες 7.0 ± 1.5 έτη. Οι κολυμβητές/-ήτριες προετοιμάζονταν για το χειμερινό πρωτάθλημα κολύμβησης και συμμετείχαν σε 6 τουλάχιστον προπονήσεις κάθε εβδομάδα.

Για τη μέτρηση των σωματικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων χρησιμοποιήθηκε ηλε-

κτρονική ζυγαριά ακρίβειας 0.1 kg και αναστημόμετρο ακρίβειας 1 mm. Από τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκε ο Δείκτης Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ). Επίσης εκτιμήθηκε το ποσοστό σωματικού λίπους με τη μεθοδο της βιοηλεκτρικής αντίστασης και με

τη συσκευή Bodystat 1500 της εταιρείας Bodystat (Douglas, Ηνωμένο Βασίλειο).

Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η κατανομή των στυλ των συμμετεχόντων.

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά των κολυμβητών / τριών.

	Βάρος (kg)	Υψος (m)	ΔΣΜ (kg/m ²)	Λίπος (%)
Άνδρες (n = 11)	74.5 ± 6.0	1.83 ± 0.05	22.2 ± 1.0	9.9 ± 1.7
Γυναίκες (n = 7)	59.6 ± 4.2	1.73 ± 0.05	19.8 ± 1.1	16.6 ± 3.4

Πίνακας 2. Κατανομή των στυλ των κολυμβητών/-τριών.

Κολυμβητικό στυλ	Άνδρες	Γυναίκες
Ελεύθερο	4	2
Υπτιο	3	4
Πρόσθιο	1	1
Πεταλούδα	3	-

Οι κολυμβητές/-ήτριες ενημερώθηκαν για το σχεδιασμό και τους πιθανούς κινδύνους της έρευνας και συγκατατέθηκαν να συμμετάσχουν. Η μελέτη σχεδιάστηκε και διεξήχθη σύμφωνα με τον Κώδικα Δεοντολογίας Ερευνών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Δοκιμασίες

Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν τις εξής δοκιμασίες:

Α. Μέγιστη ένταση προσπάθεια στα 100 m κολύμβησης στο στυλ τους, σε πισίνα ολυμπιακών διαστάσεων. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των απογευματινών αγωνισμάτων της διεθνούς συνάντησης «Αλεξάνδρεια 2004» και οι επιδόσεις καταγράφηκαν με ηλεκτρονικό σύστημα χρονομέτρησης.

Β. Μέγιστη προσπάθεια μερικώς προσδεμένης κολύμβησης ίδιου στυλ και ίσης διάρκειας με τη δοκιμασία Α. Η δοκιμασία έγινε με ειδικό λάστιχο έλξης (StretchCordz, Auburn WA, ΗΠΑ, χρώμα δεσμών πράσινο) δεμένο σε ζώνη που φορούσαν οι κολυμβητές/-ήτριες στη μέση τους. Στη ζώνη αυτή δέθηκε σχοινί μήκους 10 m με μετροταινία μεγάλου μήκους στην άλλη άκρη του, με τη

βοήθεια της οποίας προσδιοριζόταν επακριβώς η μέγιστη απόσταση του κολυμβητή/-ήτριας από το τοίχωμα της δεξαμενής κατά τη δοκιμασία.

Γ. Ισόχρονη με τις παραπάνω δοκιμασίες προσπάθεια μέγιστης έντασης στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης. Χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό μηχάνημα Bio-swim-bench Isokinetic Trainer της εταιρείας Sport Fahnenmann (Bockenem, Γερμανία). Το παραγόμενο έργο αναγραφόταν στην οθόνη του μηχανήματος. Στο συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος υπάρχει πρακτική δυσκολία στο να προσομοιωθούν όλα τα στυλ κολύμβησης και ειδικά αυτά του υπιτίου και πρόσθιου. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιήθηκαν χεριές πεταλούδας, οι οποίες και προτείνονται από τους Sweetenham και Atkinson (2003). Το μηχάνημα τέθηκε στην ένδειξη 2 (ταχύτητα κίνησης 0.66 m/s) της εννιαβάθμιας κλίμακας του, όπως προτείνεται από την κατασκευάστρια εταιρία για την προσομοίωση της πεταλούδας.

Ο αγώνας των 100 m προηγήθηκε των δύο άλλων δοκιμασιών, ώστε να καθοριστεί η διάρκειά τους. Οι κολυμβητές/-ήτριες πραγματοποίησαν με τυχαία και ισοσταθμισμένη σειρά τις δοκιμασίες Β και Γ σε δύο επόμενες του αγώνα διαδοχικές ημέρες την ίδια απογευματινή ώρα. Επίσης, για τις δοκιμασίες Β και Γ, οι δοκιμαζόμενοι, μετά από γενική προθέρμανση δέκα λεπτών, εκτέλεσαν από μία προσπάθεια σε κάθε όργανο, με 60% ένταση, για να εξοικειωθούν με αυτό. Οι κολυμβητές/-ήτριες πραγματοποίησαν τη μέγιστη προσπάθεια 10 min μετά τη δοκιμαστική.

Προσδιορισμός γαλακτικού οξέος

Για τον προσδιορισμό της κορυφαίας συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στο αίμα, λήφθηκαν δείγματα τριχοειδικού αίματος από την άκρη του δακτύλου των συμμετεχόντων στο 3ο, 5ο, 7ο και 9ο λεπτό μετά το πέρας κάθε προσπάθειας. Το αίμα αναμείχθηκε αμέσως με διάλυμα υπερχλωρι-

κού οξέος και καταψύχθηκε μέχρι να αναλυθεί. Όλα τα δείγματα αρχικά φυγοκεντρήθηκαν στα 1500 × g για 5 min και στη συνέχεια μετρήθηκε το γαλακτικό οξύ στο υπερκείμενο υγρό φασματοφωτομετρικά με ένα σύνολο αντιδραστηρίων της εταιρείας Sigma Diagnostics (St. Louis, ΗΠΑ). Ως κορυφαία συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος μετά από κάθε δοκιμασία θεωρήθηκε η υψηλότερη από τις τέσσερις τιμές.

Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπική απόκλιση. Η κατανομή όλων των παραμέτρων ελέγχθηκε με δοκιμασία Shapiro-Wilk και βρέθηκε να μη διαφέρει σημαντικά από την κανονική. Για την σύγκριση της μέγιστης τιμής του γαλακτικού οξέος στις τρεις δοκιμασίες χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (δο-

κιμασία × φύλο) με επανειλημμένες μετρήσεις στη δοκιμασία. Ζευγαρωτές συγκρίσεις έγιναν με ανάλυση απλών κύριων επιδράσεων. Η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων απόδοσης στις δοκιμασίες και των αντίστοιχων μέγιστων συγκεντρώσεων γαλακτικού οξέος εξετάστηκε με ανάλυση συσχέτισης κατά Pearson. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha = .05$.

Αποτελέσματα

Οι επιδόσεις των κολυμβητών/-τριών στις τρεις δοκιμασίες φαίνονται στον πίνακα 3. Οι άνδρες ήταν ταχύτεροι στα 100 m ($p < .05$), διέτειναν περισσότερο το λάστιχο στη μερικώς προσοδεδεμένη κολύμβηση ($p < .001$) και είχαν μεγαλύτερη ισχύ στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης ($p < .001$).

Πίνακας 3. Επιδόσεις κολυμβητών/-τριών στις δοκιμασίες (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση).

Δοκιμασία	Άνδρες	Γυναίκες
100 m κολύμβησης (m/s)*	1,68 ± 0,13	1,47 ± 0,15**
Μερικώς προσοδεδεμένη κολύμβηση (m)	23,23 ± 3,04	16,82 ± 1,84**
Προσομοιωμένη κολύμβηση (W)	230,2 ± 27,8	135,4 ± 32,6**

* Όλα τα στυλ.

** Σημαντικά διαφορετική από τους άνδρες ($p < .05$).

Η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά από κάθε δοκιμασία φαίνεται στον πίνακα 4. Βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς τη δοκιμασία ($p < .001$) και ως προς το φύλο ($p < .05$). Οι ζευγαρωτές συγκρίσεις έδειξαν ότι οι άνδρες είχαν υψηλότερη τιμή από τις γυναίκες στην προσομοιωμένη κολύμβηση ($p < .01$). Ακόμα παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή στην προσομοιωμένη κολύμβηση σε σύγκριση με τη μερικώς προσοδεδεμένη κολύμβηση στους άνδρες ($p < .05$) και χαμηλότερη τιμή

στην προσομοιωμένη κολύμβηση σε σύγκριση με τις άλλες δύο δοκιμασίες στις γυναίκες ($p < .05$).

Από τη συσχέτιση των παραμέτρων απόδοσης στις τρεις δοκιμασίες με τις αντίστοιχες τιμές γαλακτικού οξέος προέκυψε ότι οι τελευταίες είχαν σημαντική συσχέτιση με την ισχύ των ανδρών στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης ($r = .595$, $p < .05$) και με την κολυμβητική ταχύτητα των γυναικών ($r = .773$, $p < .05$).

Πίνακας 4. Μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα (mmol/L) των κολυμβητών/-τριών μετά τις δοκιμασίες (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση)

Δοκιμασία	Άνδρες	Γυναίκες
100 m κολύμβησης (m/s)*	14.8 ± 3.2	13.5 ± 3.7 ^α
Μερικώς προσοδεδεμένη κολύμβηση (m)	15.3 ± 2.1 ^β	13.4 ± 2.2 ^δ
Προσομοιωμένη κολύμβηση (W)	12.8 ± 1.9 ^{β,γ}	9.1 ± 2.7 ^{α,γ,δ}

^{α,β,γ,δ} Με ίδια γράμματα σημειώνονται ζεύγη τιμών που διαφέρουν σημαντικά ($p < .05$).

Συζήτηση

Στην έρευνα αυτή εξετάσαμε τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα αθλητών/-τριών αγωνιστικής κολύμβησης σε τρεις ισόχρονες δοκιμασίες εντός και εκτός νερού: Στα 100 m κολύμβησης, στη μερικώς προσοδεδεμένη κολύμβηση και στην προσομοιωμένη κολύμβηση σε πάγκο.

Οι μεταγωνιστικές συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος στη μελέτη μας ήταν υψηλότερες από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα η Avlonitou (1996) ανέφερε τιμές γαλακτικού οξέος μετά από 100 m κολύμβησης με όλα τα στυλ μεταξύ 12.0 και 13.1 mmol/L για ενήλικους άνδρες και μεταξύ 10.5 και 12.6 mmol/L σε ενήλικες γυναίκες. Ομοίως, οι Bonifazi και συν. (1993) ανέφεραν τιμές μεταξύ 10.0 και 11.8 mmol/L και μεταξύ 9.3 και 10.1 mmol/L αντίστοιχα. Οι μικρότερες τιμές γαλακτικού οξέος που βρέθηκαν στις παραπάνω έρευνες, μπορεί να οφείλονται στο υψηλότερο αγωνιστικό επίπεδο των συμμετεχόντων σε αυτές (κορυφίοι σε εθνικό επίπεδο Έλληνες και Ιταλοί αντίστοιχα) συγκριτικά με τους συμμετέχοντες της δικής μας μελέτης. Το υψηλότερο αγωνιστικό επίπεδο συνεπάγεται και καλύτερη μηχανική απόδοση των κινήσεων προώθησης. Πέρα από διαφορές στο αγωνιστικό επίπεδο, οι διαφορές στις τιμές του γαλακτικού οξέος μπορεί να οφείλονται στο ότι στις παραπάνω εργασίες η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος προσδιορίστηκε από δύο και ένα δείγμα αίματος αντίστοιχα, ενώ στη δική μας μελέτη από τέσσερα δείγματα αίματος μετά τη δοκιμασία, με αποτέλεσμα να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος.

Στη μερικώς προσοδεδεμένη κολύμβηση οι κολυμβητές/-ήτριες εμφάνισαν συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος όμοιες με τις αντίστοιχες στην κανονική κολύμβηση. Η μόνη σχετική έρευνα που μπορούσαμε να εντοπίσουμε ήταν εκείνη των Mitchell και Huston (1993), οι οποίοι εξέτασαν σε 10 κολυμβητές την παραγωγή γαλακτικού οξέος στην προσοδεδεμένη κολύμβηση (ελεύθερου στυλ) μετά από προσπάθεια μέγιστης έντασης και διάρκειας περίπου 2 min. Οι ερευνητές βρήκαν συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος στο αίμα μεταξύ 9 mmol/L και 10.4 mmol/L, δηλαδή αρκετά χαμηλότερες από τις δικές μας. Κατά τα άλλα, υπάρχουν έρευνες που χρησιμοποίησαν πρωτόκολλα προσοδεδεμένης κολύμβησης με διακοπόμενες προσπάθειες σταδιακά αυξανόμενης έντασης μέχρι την εξάντληση και συνολικής διάρκειας που υπερέβαινε τα 5 λεπτά (Rinehardt et al., 1991; Ueda & Kurokawa, 1995; DiCarlo et al., 1991). Οι μέγιστες τιμές γαλακτικού οξέος που αναφέρθηκαν στις έρευνες αυτές κυμαίνονταν από 6 mmol/L μέχρι 9 mmol/L αίματος. Η διαφορά των τιμών αυτών από εκείνες της έρευνάς

μας οφείλεται στη μικρότερη συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού στις μέγιστες αερόβιες προσπάθειες που πραγματοποιήθηκαν.

Τιμές γαλακτικού οξέος μικρότερες των 9.5 mmol/L και των 5.5 mmol/L για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα αναφέρθηκαν σε έρευνες που εξέτασαν την επίδραση της άσκησης στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης στον αναερόβιο μεταβολισμό των ασκούμενων (Pluto et al., 1988; Konstantaki & Swaine, 1999; Konstantaki et al., 1998). Στις παραπάνω μελέτες χρησιμοποιήθηκαν διακοπόμενα πρωτόκολλα με αυξανόμενη ένταση μέχρι την εξάντληση. Τα επίπεδα γαλακτικού οξέος που βρέθηκαν στις παραπάνω έρευνες είναι κατά πολύ χαμηλότερα από αυτά της δικής μας μελέτης. Η διαφορά αυτή οφείλεται στα πρωτόκολλα των δοκιμασιών που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές, τα οποία ήταν μεγάλης διάρκειας.

Οι άνδρες ήταν αποδοτικότεροι από τις γυναίκες στις τρεις δοκιμασίες, όπως ήταν αναμενόμενο λόγω της υπεροχής τους στα σωματομετρικά και ανατομικά στοιχεία που σχετίζονται με την απόδοση. Επίσης, οι άνδρες είχαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος από τις γυναίκες. Έρευνες που ασχολήθηκαν με την επίδραση του φύλου στην παραγωγή γαλακτικού οξέος σε κολυμβητικές προσπάθειες μέγιστης έντασης έδωσαν αντιφατικά αποτελέσματα αναφέροντας υψηλότερες τιμές γαλακτικού οξέος στους άνδρες (Avlonitou, 1996) ή μη βρίσκοντας διαφορές (Telford et al., 1988). Σε συμφωνία με τα παραπάνω, ο Μούγιος (2002) αναφέρει ότι ο αριθμός των μελετών που εξέτασαν την επίδραση του φύλου στην επιλογή των πηγών ενέργειας κατά την άσκηση είναι περιορισμένος και τα αποτελέσματά τους αντιφατικά.

Η σημαντικά χαμηλότερη τιμή γαλακτικού οξέος στον πάγκο προσομοιωμένης κολύμβησης σε σύγκριση με τις άλλες δοκιμασίες πιθανώς οφείλεται στη μη συμμετοχή των μεγάλων μυϊκών ομάδων των κάτω άκρων στην άσκηση. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση είναι τα αποτελέσματα της έρευνας των Meyer και συν. (1988), στην οποία αναφέρθηκαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος σε μέγιστες κολυμβητικές δοκιμασίες με κίνηση μόνο των ποδιών σε σύγκριση με ισόχρονες δοκιμασίες με κίνηση μόνο των χεριών. Στην ίδια μελέτη οι υψηλότερες τιμές βρέθηκαν στην κολύμβηση με τη συμμετοχή ολόκληρου του σώματος.

Η συσχέτιση που βρέθηκε στους άνδρες μεταξύ της ισχύος στην προσομοιωμένη κολύμβηση και της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στη δοκιμασία αυτή επιβεβαιώνει τον κανόνα ότι η απόλυτη ένταση σχετίζεται θετικά με την παραγωγή γαλακτικού οξέος. Όσον αφορά στη συσχέτιση που βρέθηκε στις γυναίκες μεταξύ της κολυμβητικής ταχύτητας και της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος, δεν

εντοπίστηκαν αντίστοιχες μελέτες στη βιβλιογραφία. Πρέπει πάντως να επισημάνουμε ότι οι υπόλοιπες τέσσερις συσχετίσεις απόδοσης- γαλακτικού οξέος δεν ήταν σημαντικές. Αυτό πιθανώς οφείλεται στη βαρύνουσα σημασία της μηχανικής απόδοσης των κινήσεων προώθησης στην επίτευξη υψηλής επίδοσης στην κολύμβηση, χωρίς αυτή να συνοδεύεται απαραίτητα από υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα. Αντίστροφα, μια μέγιστη μυϊκή προσπάθεια μπορεί να συνοδεύεται από υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, χωρίς όμως αυτή η προσπάθεια να μετουσιώνεται σε υψηλή απόδοση.

Συμπερασματικά, από τη σύγκριση των επιδράσεων των τριών δοκιμασιών στον αναερόβιο μεταβολισμό, βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερη παραγωγή γαλακτικού οξέος στη δοκιμασία του πάγκου προσομοιωμένης κολύμβησης συγκριτικά με τη δοκιμασία των 100 m και της μερικώς προσομοιωμένης κολύμβησης, διαφορά που πιθανώς οφείλεται στη μη ενεργοποίηση των μυϊκών ομάδων των κάτω

άκρων. Πάντως, τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος μετά από τις δοκιμασίες της μερικώς προσομοιωμένης κολύμβησης και της προσομοιωμένης κολύμβησης ήταν υψηλά, γεγονός που υποδεικνύει ότι τα δύο αυτά προπονητικά μέσα είναι χρήσιμα στην προπονητική διαδικασία για την καλλιέργεια της αναερόβιας γαλακτικής ικανότητας.

Πρακτικά συμπεράσματα

Προτείνεται η χρησιμοποίηση της μερικώς προσομοιωμένης κολύμβησης και της προσομοιωμένης κολύμβησης σε πάγκο για καλλιέργεια της μέγιστης παραγωγής και της ανοχής στο γαλακτικό οξύ στο προπονητικό πρόγραμμα των κολυμβητών/-ριών. Αυτό πηγάζει από το γεγονός ότι στις δοκιμασίες αυτές βρέθηκαν υψηλές τιμές γαλακτικού οξέος, οι οποίες είναι επαρκείς (Αυλωνίτου, 2000) για την καλλιέργεια των παραπάνω ικανοτήτων. Κάτι τέτοιο θα ήταν χρήσιμο και για λόγους ποικιλίας στην προπονητική διαδικασία.

Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η κολύμβηση, είτε ως μέσο αναψυχής είτε ως αγωνιστικό άθλημα, αποτελεί σήμερα μια πολύ αγαπητή δραστηριότητα στην Ελλάδα. Η αξία της κολύμβησης επικεντρώνεται στην προάσπιση της υγείας του ατόμου και στην ασφάλεια που του παρέχει ως μέσο άθλησης. Στην αγωνιστική κολύμβηση είναι αναγκαία η επιστημονική καθοδήγηση της προπόνησης. Η παρούσα μελέτη αξιολογεί βιοχημικά δύο από τα πλέον χρησιμοποιούμενα προπονητικά μέσα στην κολύμβηση. Τα συμπεράσματα που εξάγονται μπορούν να βοηθήσουν τους προπονητές στην κατάρτιση ενός αποτελεσματικότερου και καλύτερα ανεκτού προπονητικού προγράμματος.

Βιβλιογραφία

- Avlonitou, E. (1996). Maximal lactate values following competitive performance varying according to age, sex and swimming style. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36, 24-30.
- Αυλωνίτου, Ε. (2000). *Αθλητικές επιδόσεις στην κολύμβηση*. Αθήνα: College of Sports Science Press.
- Bonen, A., Wilson, B. A., Yarkony, & M., Belcastro, A. N. (1980). Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. *Journal of Applied Physiology*, 48, 232-235.
- Bonifazi, M., Martelli, G., Marugo, L., Sardella, F., & Carli, G. (1993). Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 13-18.
- Colwin, C. M. (1993). *Swimming into the 21st Century*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Costill, D. L., King, D. S., Holdren, A., Hargreaves, M. (1983). Sprint speed vs. swimming power. *Swimming Technique*, May-July, 20-22.
- Costill, D. L., Sharp, R., & Troup, J. (1980). Muscle strength: Contributions to sprint swimming. *Swimming World*, 21, 29-34.
- Counsilman, J. E. (1979). Biokinetics, the ultimate exercise. In R.M. Ousley (Ed) *ASCA World Clinic Yearbook 1979* (pp. 29-36). Fort Lauderdale: ASCA.
- Crowe, S. E., Babington, J. P., Tanner, D. A., & Stager, J. M. (1999). The relationship of strength and dry land power, swimming power, and swim performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, S1230.
- DiCarlo, L. J., Sparling, P. B., Millard-Stafford, M. L., & Rupp, J. C. (1991). Peak heart rates during maximal running and swimming: implications for exercise prescription. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 309-312.
- Dopsaj, M., Milosevic, M., Matkovic, I., Arlov, D., & Blagojevic, M. (1999). The relation between sprint ability in free-style swimming and force characteristics of different muscle groups. In K.L. Keskinen, P.V. Komi & A. Peter Hollander

- (Eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (pp. 203-208). Jyvaskyla: University of Jyvaskyla.
- Hannula, D. (1995). *Coaching swimming successfully*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Hawley, J. A. & Williams, M. M. (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 1-5.
- Hopper, R. T., Hadley, C. L., & Piva, M. (1980). Specificity of strength testing in swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 135.
- Johnson, R. E., Sharp, R. L., & Hedrick, C. E. (1993). Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: A multiple regression approach. *Journal of Swimming Research*, 9, 10-14.
- Konstantaki, M. & Swaine, I. L. (1999). Lactate and cardiopulmonary responses to simulated arm-pulling and leg-kicking in collegiate and recreational swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 118-121.
- Konstantaki, M., Trowbridge, E. A., & Swaine, I. L. (1998). The relationship between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *Journal of Sports Sciences*, 16, 251-256.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Meyer, J., Bishop, P., Horton, C., Smith, J., Whitehurst, M., & Lohberg, M. (1988). Blood lactate concentrations of swimming, pulling and kicking. *Journal of Swimming Research*, 4, 15-21.
- Mitchell, J. B. & Huston J. S. (1993). The effect of high- and low-intensity warm-up on the physiological responses to a standardized swim and tethered swimming performance. *Journal of Sports Sciences*, 11, 159-165.
- Μούγιος, Β. (2002). *Βιοχημεία της Άσκησης*. Θεσσαλονίκη: έκδοση του συγγραφέα.
- Pluto, R., Cruze, S. A., Weiss, M., Hotz, T., Mandel P., & Weicker, H. (1988). Cardiocirculatory, hormonal, and metabolic reactions to various forms of ergometric tests. *International Journal of Sports Medicine*, 9, S79-S88.
- Rinehardt, K. F., Kraemer, R. R., Gormely, S., & Colan, S. (1991). Comparison of maximal oxygen uptakes from the tethered, the 183- and 457-meter unimpeded supramaximal freestyle swims. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 6-9.
- 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. (2002). Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Medicine*, 32, 539-554.
- Sweetenham, B. & Atkinson, J. (2003). *Championship Swim Training*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Tanaka, H., Costill, D. L., Thomas, R., Fink, W. J., & Widrick, J. J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 952-959.
- Telford, D. R., Hahn, G. A., Catchpole, A. E., Parker, R. A., & Sweetenham, E. W. (1988). Postcompetition blood lactate concentration in highly ranked Australia swimmers. *International Series of Sport Sciences*, 18, 277-283.
- Ueda, T., Kurokawa, T. (1995). Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 385-389.

