



Ενεργειακή Συμμετοχή κατά τον Αγώνα και την Προπόνηση Υψηλής Έντασης στην Κολύμβηση

Αργύρης Τουμπέκης & Σάββας Τοκμακίδης
Εργαστήριο Κλινικής Εργοφυσιολογίας και Φυσιολογίας της Άσκησης
ΤΕΦΑΑ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περίληψη

Προπόνηση που εκτελείται με ταχύτητα υψηλότερη από την ταχύτητα που αντιστοιχεί στη μέγιστη πρόοξη οξυγόνου (VO_{2max}) χαρακτηρίζεται υψηλής έντασης και χρησιμοποιείται συχνά από τους κολυμβητές. Για το σχεδιασμό εξειδικευμένων προγραμμάτων προπόνησης υψηλής έντασης στην κολύμβηση, βοηθά καθοριστικά η γνώση της ποσοστιαίας συμμετοχής του αερόβιου και αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας κατά τη διάρκεια του αγώνα. Πρόσφατες μελέτες εμφανίζουν αυξημένη τη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού σε σχέση με τα δεδομένα που αναφέρονται σε παλαιότερες πηγές. Επιπλέον για μια εξειδικευμένη προπόνηση είναι απαραίτητο να σχεδιαστούν προπονητικές σειρές (σετ) οι οποίες δύνανται να ενεργοποιούν τα μεταβολικά συστήματα στον ίδιο βαθμό με τον αγώνα. Το στυλ κολύμβησης (ελεύθερο, πρόσθιο, πεταλούδα ή ύπτιο και η χρήση βοηθητικών μέσων), ανεξάρτητα από το φύλο, δεν μεταβάλλει την ενεργειακή συμμετοχή σε προσπάθειες που εκτελούνται με την ίδια διάρκεια και ένταση. Η ενεργοποίηση του αερόβιου και αναερόβιου μεταβολισμού είναι πιθανό να μεταβάλλεται με την ηλικία και εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της προσπάθειας, τον αριθμό των επαναλήψεων σε ένα σετ καθώς και από τη διάρκεια του χρόνου αποκατάστασης ανάμεσα στις επαναλήψεις. Κατάλληλη επιλογή των παραπάνω παραμέτρων στη διάρκεια ενός σετ μπορεί να ενεργοποιήσει τα ενεργειακά συστήματα στον ίδιο βαθμό συγκριτικά με τον αγώνα. Προπόνηση υψηλής έντασης μπορεί να ενεργοποιήσει σε μέγιστο βαθμό τον αερόβιο και αναερόβιο μεταβολισμό και να βελτιώσει την απόδοση. Η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού είναι καθοριστική και αυξάνεται σημαντικά σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες ειδικά όταν η διάρκεια αποκατάστασης είναι μικρή. Παρά τις θετικές ενδείξεις για βελτίωση της απόδοσης, δεν είναι ακόμα γνωστό με ποια ακριβώς ένταση, για πόσο χρονικό διάστημα, για πόσες επαναλήψεις και με ποια αποκατάσταση ή συχνότητα μπορεί να εφαρμοστεί τέτοια προπόνηση για ικανοποιητικά αποτελέσματα στην κολύμβηση ανάλογα βέβαια με την αγωνιστική απόσταση.

Λέξεις κλειδιά: ενεργειακή συμμετοχή, προπόνηση, κολύμβηση, απόδοση.

Energy System Contribution during Competition and High Intensity Swimming Training

Argyris Toubekis & Savvas Tokmakidis
Clinical and Exercise Physiology Laboratory

Department of Physical Education and Sports Sciences, Democritus University of Thrace, Komotini, Hellas

Abstract

Training performed at velocity higher than the velocity of VO_{2max} is characterized as high intensity training and it is often used by competitive swimmers. The knowledge of energy contribution from aerobic and anaerobic metabolism during a competition is essential for planning high intensity training sets for swimmers. Recent studies present an increased contribution from the aerobic metabolism when compared with the data that are reported in older sources. Moreover, for an effective individualised training, the planning of sets aiming to reproduce the energy demands of a competitive event is apparent. The swimming style, (freestyle, breaststroke, butterfly or backstroke), and the use of swimming aids such as paddles or swimming resistance, irrespective of sex, do not alter the energy contribution in efforts with the same duration and intensity. The activation of the aerobic and anaerobic metabolism is likely to be altered with age and it is depended on the

intensity, the number of repetitions in a set, the duration of the effort as well as on the duration of the recovery. Appropriate selection of the above parameters when planning a training set can activate the energy systems in the same degree as in the competition. High intensity training can maximally activate both the aerobic and anaerobic metabolism and improve competitive performance. The energy contribution from aerobic metabolism is crucial and is considerably increased in repeated efforts, especially when the duration of recovery between repetitions is short. Despite the positive clues on improvement of performance, remains unclear which are the appropriate intensity, recovery duration, number of repetitions and the frequency that can be applied in such a training for each specific event in competitive swimming.

Key words: *energy contribution, training, swimming, performance*

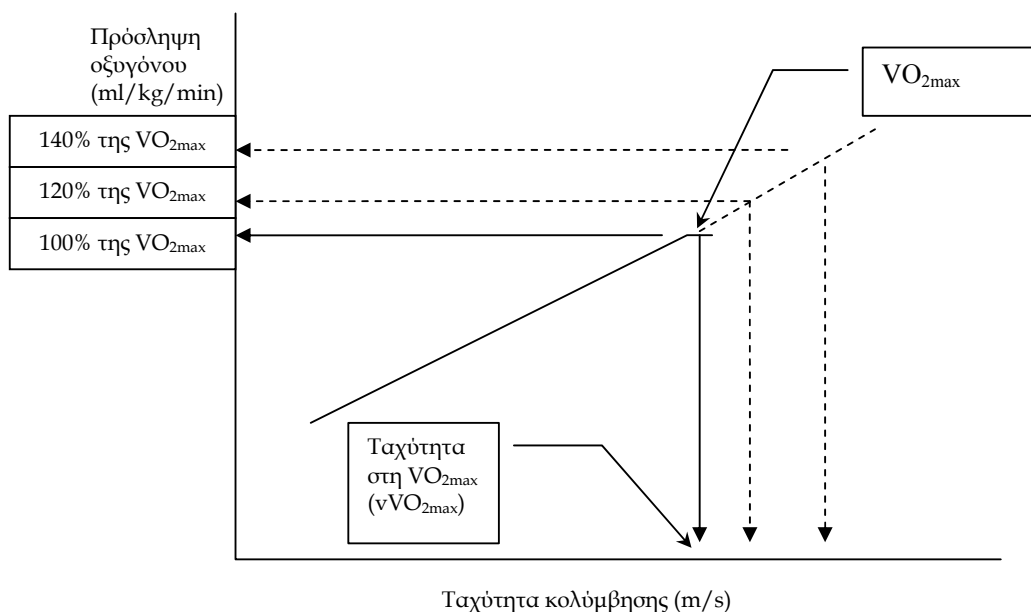
Γενική Εισαγωγή

Η πλειοψηφία των αγωνισμάτων στο άθλημα της κολύμβησης είναι αποστάσεις 100-200 μέτρων και έχουν διάρκεια 1-2 λεπτά. Σε προσπάθειες με διάρκεια μικρότερη των δύο λεπτών επιστρατεύεται κατά μεγάλο ποσοστό η συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού για την ανασύνθεση του ATP. Ο υψηλός ρυθμός ανασύνθεσης του ATP απαιτείται για την παραγωγή κολυμβητικής ισχύος, η οποία είναι καθοριστική για την επιτυχία σε αγωνιστικές προσπάθειες (Costill, King, Thomas, & Hargreaves, 1985). Αυτό υποχρεώνει τους προπονητές να εφαρμόζουν προγράμματα με επαναλήψεις υψηλής έντασης αποβλέποντας στην ενεργοποίηση και μεγιστοποίηση της απόδοσης του αναερόβιου μεταβολισμού. Ωστόσο, δεν πρέπει να αγνοείται η αξία του αερόβιου μεταβολισμού ακόμα και στις προσπάθειες με μικρή διάρκεια (π.χ. 30 δευτερόλεπτα). Είναι σημαντικό για τον προπονητή να γνωρίζει το βαθμό ενεργοποίησης των ενεργειακών συστημάτων όχι μόνο στον αγώνα αλλά και στη διάρκεια της προπόνησης. Στην προπόνηση εκτελούνται επαναλαμβανόμενες προσπάθειες με μέγιστη ένταση, ή με ρυθμό και ταχύτητα αντίστοιχη της αγωνιστικής προσπάθειας. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο βαθμός ενεργοποίησης των ενεργειακών συστημάτων μπορεί να μεταβάλλεται μετά από κάθε επανάληψη, και ανάλογα με την απόσταση και το διάλειμμα που χρησιμοποιείται. Ο προπονητής εξοπλισμένος με τη γνώση της ενεργειακής συμμετοχής σε τέτοιες προσπάθειες, μπορεί να σχεδιάσει αποτελεσματικά τα προγράμματα των κολυμβητών. Είναι άπειροι οι συνδυασμοί επαναλήψεων, αποστάσεων κολύμβησης και διάρκειας αποκατάστασης (προπονητικές σειρές ή σετ), που μπορούν να εφαρμοστούν στη διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης. Κάθε μία από αυτές τις προπονητικές σειρές μπορεί να απαιτεί διαφορετική συνολική ενεργειακή συμμετοχή. Στην παρούσα ανασκόπηση είναι σημαντικό να ορίσουμε τη σημασία της έντασης στην προπόνηση, με ποια κριτήρια χαρακτηρίζεται υψηλή ένταση και πώς προσδιορίζεται με προπονητικούς και φυσιολογικούς δείκτες. Στη συνέχεια αφού

εξεταστεί η ενεργειακή συμμετοχή στον αγώνα και την προπόνηση υψηλής έντασης, θα συζητηθούν τρόποι με τους οποίους μπορεί να βελτιωθεί η αναερόβια ικανότητα και ισχύς αποτελεσματικότερα.

Προσδιορισμός της έντασης με βάση τη VO_{2max}

Ένας από τους πιο έγκυρους φυσιολογικούς δείκτες της έντασης είναι το ποσοστό της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO_{2max}) που απαιτεί η εκτέλεση της προσπάθειας. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, όταν αυξάνει η ταχύτητα κολύμβησης αυξάνει και η πρόσληψη οξυγόνου. Αυτή η σχέση είναι γραμμική παρά το γεγονός ότι αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι είναι εκθετική (Lavoie & Montpetit, 1986). Στη διάρκεια κολύμβησης με προοδευτικά αυξανόμενη ταχύτητα, και λίγο πριν φτάσει ο ασκούμενος στην εξάντληση, για να διατηρηθεί η απαιτούμενη ταχύτητα οι μύες και τα υπόλοιπα όργανα καταναλώνουν τη μέγιστη ποσότητα οξυγόνου που ο οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιήσει. Αυτή η κατανάλωση οξυγόνου ορίζεται ως η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου - VO_{2max} του κολυμβητή, και η ταχύτητα που είχε εκείνη τη στιγμή ορίζεται ως ταχύτητα στη VO_{2max} (vVO_{2max}). Η σχέση ταχύτητας κολύμβησης με την πρόσληψη οξυγόνου (Σχήμα 1) μπορεί να προεκταθεί για να υπολογιστεί με τον τρόπο αυτό η ενεργειακή απαίτηση για προσπάθειες με ταχύτητα υψηλότερη από αυτή που προκαλεί τη VO_{2max} , (π.χ. ταχύτητα υψηλότερη των 400 m στην κολύμβηση). Με αυτό τον τρόπο η ενεργειακή απαίτηση κάθε αγωνιστικής απόστασης στην κολύμβηση μπορεί να αντιστοιχηθεί με συγκεκριμένο ποσοστό της VO_{2max} . Για παράδειγμα η ταχύτητα στην απόσταση των 400 μέτρων απαιτεί ενέργεια που αντιστοιχεί περίπου στο 110% της VO_{2max} και οι αποστάσεις 100, 200, 1500 μέτρα απαιτούν ενέργεια που αντιστοιχεί περίπου στο 140, 120, 104% της VO_{2max} (Troup, 1990). Επιπλέον, είναι γνωστό ότι η σχέση της έντασης μιας προσπάθειας με τη διάρκεια της είναι παραβολική (Σχήμα 2). Αυτό σημαίνει ότι όσο υψηλότερη είναι η ένταση (φορτίο, ισχύς, ταχύτητα κολύμβησης) τόσο λιγότερο χρόνο μπορεί να διατηρηθεί από τον ασκούμενο



Σχήμα 1. Προσδιορισμός της έντασης μιας προσπάθειας στην κολύμβηση σε σχέση με τη VO_{2max}. Η ταχύτητα κολύμβησης σε κάθε αγωνιστική απόσταση (50 έως 1500 m) μπορεί να εκφραστεί σαν ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, όταν προεκτείνουμε την ευθεία που εκφράζει τη σχέση της ταχύτητας με την πρόσληψη οξυγόνου.

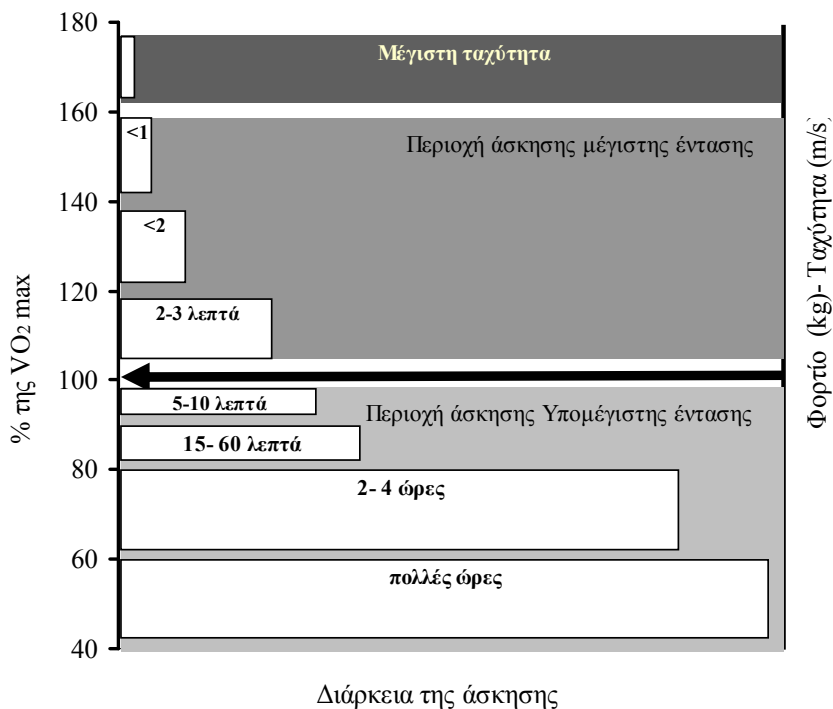
(Σχήμα 2). Κατά συνέπεια η μέγιστη ταχύτητα κολύμβησης δεν μπορεί να διατηρηθεί περισσότερο από μερικά δευτερόλεπτα. Σε υψηλού επιπέδου κολυμβητές και σε αγωνιστικές ταχύτητες κολύμβησης, ακόμα και στα 1500 m, η ενεργειακή απαίτηση είναι πιθανό να φτάσει περίπου στο 104% της VO_{2max} (Troup, 1990). Ωστόσο, σε εργαστηριακές συνθήκες, προσπάθειες μέγιστης έντασης με διάρκεια 10 λεπτά αντιστοιχούν στο 91% της VO_{2max} (Ogita et al., 2003), και η ταχύτητα που αντιστοιχεί στη vVO_{2max} δεν μπορεί να διατηρηθεί για περισσότερο από 4-5 λεπτά (Fernandes et al., 2003). Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειώσουμε ότι ο χρόνος διατήρησης οποιασδήποτε ταχύτητας υψηλότερης ή χαμηλότερης από τη vVO_{2max} εξαρτάται από ατομικά χαρακτηριστικά και φυσιολογικούς παράγοντες (τύπο προπόνησης, προπονητική εξειδίκευση, κατώφλι γαλακτικού, μέγιστη ταχύτητα, κρίσιμη ταχύτητα) ενώ εμφανίζει μεγάλες διαφορές μεταξύ αθλητών (Blondel, Berthoin, Billat, & Lensel, 2001). Κολύμβηση με ταχύτητα μικρότερη βραδύτερη από την ταχύτητα της vVO_{2max} θεωρείται υπομέγιστη, ενώ κολύμβηση με ταχύτητα υψηλότερη της vVO_{2max} θεωρείται υπερμέγιστη.

Ταχύτητες αντίστοιχες με τις αγωνιστικές, χρησιμοποιούνται συχνά στην προπόνηση των κολυμβητών. Σε αυτή την περίπτωση η προπόνηση μπορεί να θεωρηθεί «υψηλής έντασης» αφού σε σχετικές τιμές οι ταχύτητες ξεπερνούν την vVO_{2max}. Σε τέτοια μορφή προπόνησης οι προσπάθειες υψηλής έντασης επαναλαμβάνονται περισσότερες από μία φορές αλλά με το κατάλληλο διάλειμμα

(προπονητικές σειρές επαναλήψεων). Αυτή η μορφή προπόνησης, η έντονη δηλαδή προπόνηση, φαίνεται ότι σχετίζεται σημαντικά με τη βελτίωση της απόδοσης των κολυμβητών στη διάρκεια μιας προπονητικής περιόδου αφού οι κολυμβητές που εκτελούν εντονότερη προπόνηση βελτιώνουν περισσότερο την αγωνιστική τους απόδοση (Mujika et al., 1996). Στόχος των προπονητών είναι να πετύχουν ενεργοποίηση των συστημάτων παραγωγής ενέργειας με την ίδια αναλογία που ενεργοποιούνται και στο αγώνισμα το οποίο στοχεύει να αποδώσει καλύτερα και εξειδικεύεται ο κολυμβητής. Είναι λοιπόν σημαντικό για τον προπονητή να γνωρίζει την ενεργειακή συμμετοχή όχι μόνο στη διάρκεια του αγώνα αλλά και στη διάρκεια της προπόνησης υψηλής έντασης.

Μέθοδοι προσδιορισμού της ενεργειακής συμμετοχής

Μνίκη βιοψία. Ο πιο αξιόπιστος και έγκυρος τρόπος προσδιορισμού των υποστρωμάτων του μυός και του ρυθμού χρήσης τους γίνεται με τη λήψη μικρού δείγματος μυός με τη χρήση βιοψίας. Λαμβάνοντας ένα δείγμα πριν την έναρξη και συγκρίνοντας το περιεχόμενο σε ATP, PCr και γλυκογόνο με ένα δεύτερο δείγμα που λαμβάνεται μετά το τέλος μιας προσπάθειας μπορεί να υπολογιστεί η ποσοστιαία συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων με άμεσο τρόπο. Αυτή η μέθοδος είναι παρεμβατική, και παρά το γεγονός ότι πλέον χρησιμοποιείται σε αρκετά εργαστήρια σε όλο τον κόσμο δεν έχει εφαρμοστεί έως τώρα στην κολύμβηση.



Σχήμα 2. Η διάρκεια της άσκησης μειώνεται όσο αυξάνει η ένταση ως ποσοστό της VO_{2max} (αριστερός άξονας τιμών). Η ένταση μιας προσπάθειας μπορεί να εκφραστεί με την ταχύτητα κολύμβησης (m/s) ή με το φορτίο (kg) όταν πρόκειται για προσδεμένη κολύμβηση (δεξιός άξονας τιμών).

Προσδιορισμός ελλείμματος οξυγόνου. Ένας αξιόπιστος και έμμεσος τρόπος προσδιορισμού της συμμετοχής των ενεργειακών συστημάτων μπορεί να γίνει με τον υπολογισμό της θεωρητικής ενεργειακής απαίτησης της άσκησης (oxygen demand). Αυτό προκύπτει μετά από προέκταση της γραμμής που εκφράζει τη σχέση πρόσληψης οξυγόνου με την ταχύτητα κολύμβησης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Κατά συνέπεια απαιτείται η ολοκλήρωση μιας σειράς προσπαθειών κολύμβησης με υπομέγιστη ένταση αλλά και ο προσδιορισμός της VO_{2max} . Σε επόμενη δοκιμασία πρέπει να συλλεχθεί δείγμα εκπνεόμενου αέρα στη διάρκεια της προσπάθειας που επιθυμούμε να αξιολογήσουμε για τη συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων. Η διαφορά του απαιτούμενου με το προσληφθέν οξυγόνο είναι το έλλειμμα οξυγόνου που εκφράζει την αναερόβια συμμετοχή. Ο όγκος του οξυγόνου που καταναλώθηκε στη διάρκεια της προσπάθειας που αξιολογήθηκε, εκφράζει την αερόβια συμμετοχή (Σχήμα 3). Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει με κολύμβηση σε υδροεργόμετρο (Troup 1990), με ελεύθερη κολύμβηση (Keskinen, Rodriguez, & Keskinen, 2003), ή με προσδεμένη κολύμβηση (Toubekis, Peyrebrune, Nevill, & Lakomy, 2000). Στις δύο πρώτες περιπτώσεις η ένταση της προσπάθειας καθορίζεται από την ταχύτητα κολύμβησης, και στην προσδεμένη κολύμβηση από το

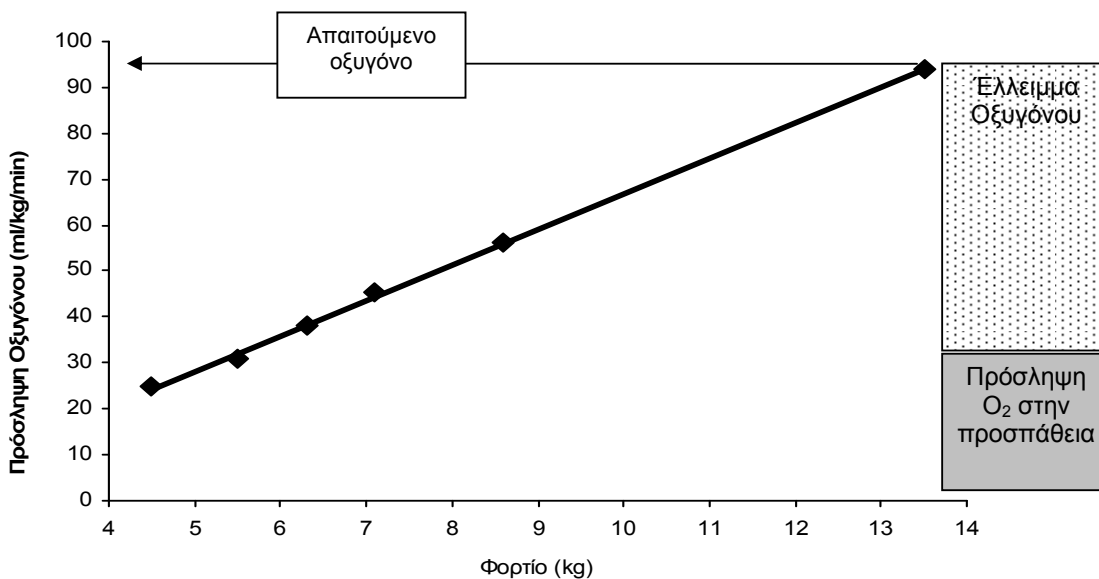
φορτίο που καλείται να ανυψώσει ο κολυμβητής.

Χρήση μαθηματικών μοντέλων. Ένας ακόμα έμμεσος τρόπος έχει χρησιμοποιηθεί από αρκετούς ερευνητές και απαιτεί τη χρήση μαθηματικών μοντέλων που κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις και περιορισμούς μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα (Capelli, Pendergast, & Termin, 1998; Ring, Mader, Wirtz, & Wilke, 1996; Rodriguez & Mader, 2003).

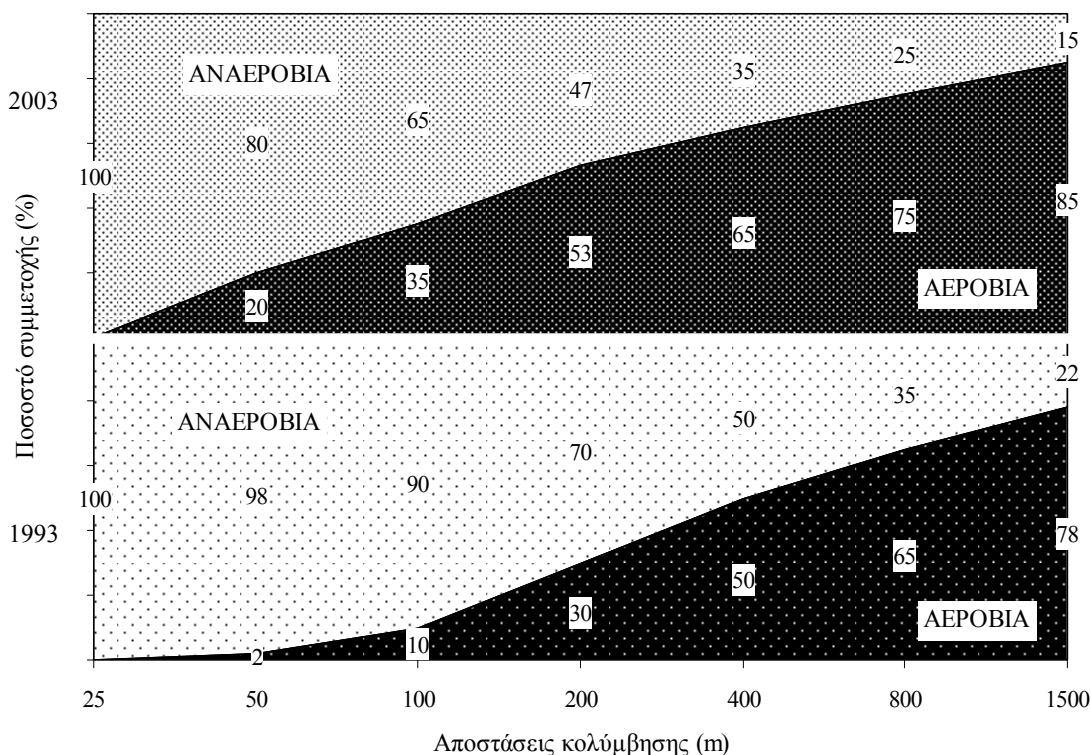
Ανασκόπηση σχετικών ερευνών

Ενεργειακή συμμετοχή στον αγώνα

Μέχρι τώρα η ενεργειακή συμμετοχή στην κολύμβηση εκτιμήθηκε από δεδομένα στην ποδηλασία ή το τρέξιμο με απλή αντιστοιχία της διάρκειας κάθε προσπάθειας (χρόνος κολύμβησης) με αυτή της ποδηλασίας (Houston, 1978). Τα δεδομένα από αυτά τα ευρήματα εμφανίζονται σε εγχειρίδια της κολύμβησης επί μια και πλέον δεκαεπταετία (Maglisco, 1993). Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της μεθόδου προσδιορισμού της ενεργειακής συμμετοχής μέσω του ελλείμματος οξυγόνου (Medbo et al., 1988) σε συνδυασμό με τη τεχνολογία των υδροεργομέτρων επέτρεψε τον απευθείας υπολογισμό του ενεργειακού κόστους και της ποσοστιαίας αναλογίας των ενεργειακών συστημάτων σε κολυμβητές υψηλού επιπέδου στη διάρκεια κολύμβησης υψηλής έντασης (Troup, 1990). Από τη



Σχήμα 3. Σχηματική απεικόνιση του προσδιορισμού του ελλείμματος οξυγόνου. Το υψηλότερο σημείο της ευθείας εκφράζει τη θεωρητική απαίτηση σε οξυγόνο για μια προσπάθεια που έχει ένταση υψηλότερη από αυτήν που προκαλεί την VO_{2max} (στο παράδειγμα το φορτίο στη VO_{2max} είναι 8.7 kg και το φορτίο που εφαρμόστηκε στον κολυμβητή 13.4 kg). Η πραγματική πρόσληψη οξυγόνου θα μετρηθεί στη διάρκεια της δοκιμασίας προσοδεδμένης κολύμβησης μέγιστης έντασης με διάρκεια 1-2 λεπτά. Η διαφορά του θεωρητικά απαιτούμενου με το εργαστηριακά υπολογισμένο οξυγόνο εκφράζει το έλλειμμα. Η ένταση της προσπάθειας εκφράζεται με το φορτίο (kg) επειδή πρόκειται για προσοδεδμένη κολύμβηση.



Σχήμα 4. Η συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στις αγωνιστικές αποστάσεις της κολύμβησης και οι αλλαγές στα δεδομένα μέσα σε μια δεκαετία (Δεδομένα από Maglisco, 1993 και Maglisco, 2003).

σύγκριση των δεδομένων για την ενεργειακή συμμετοχή στις αγωνιστικές αποστάσεις της κολύμβησης φαίνεται ότι η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού είναι σημαντικά αυξημένη στα πιο πρόσφατα (Maglisco, 2003) σε σύγκριση με προηγούμενα εγχειρίδια (Maglisco, 1993). Στο σχήμα 4 φαίνεται καθαρά ότι στην απόσταση των 50 m ελεύθερο ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει μόλις 2% σε αντίθεση με το 20% στην πιο πρόσφατη έκδοση. Αντίστοιχη αύξηση της αερόβιας συμμετοχής φαίνεται σε όλες τις υπόλοιπες αγωνιστικές αποστάσεις.

Ενεργειακή συμμετοχή σε προσπάθειες 50-100 μέτρων. Από τις μελέτες των Ring και συν. (1996) και των Capelli και συν. (1998) έχουν προκύψει σημαντικές πληροφορίες για τη συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων σε προσπάθειες μέγιστης έντασης και μικρής διάρκειας. Φαίνεται ότι σε μέγιστης έντασης προσπάθειες με διάρκεια 23 έως 26 s και ανεξάρτητα από το στυλ κολύμβησης που χρησιμοποιείται (ελεύθερο, ύπτιο, πεταλούδα) ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει 15-17%. Στο πρόσθιο για μια προσπάθεια με διάρκεια 30 s ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει σε ποσοστό 27%. Παρόμοια αυξημένη ενεργειακή συμμετοχή από τον αερόβιο μεταβολισμό (34%) βρέθηκε όταν για τέτοια διάρκεια προσπάθειας (30 s) χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο στυλ με προσδεμένη κολύμβηση (Toubekis, Peyrebrune, Nevill, & Lakomy, 1999). Η αυξημένη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού (31%) σε μια προσπάθεια 50 μέτρων ελεύθερης κολύμβησης, που παραδοσιακά θεωρείται αναερόβια από τους προπονητές, επιβεβαιώνεται και από μελέτες σε υδροεργόμετρο (Troup, 1990).

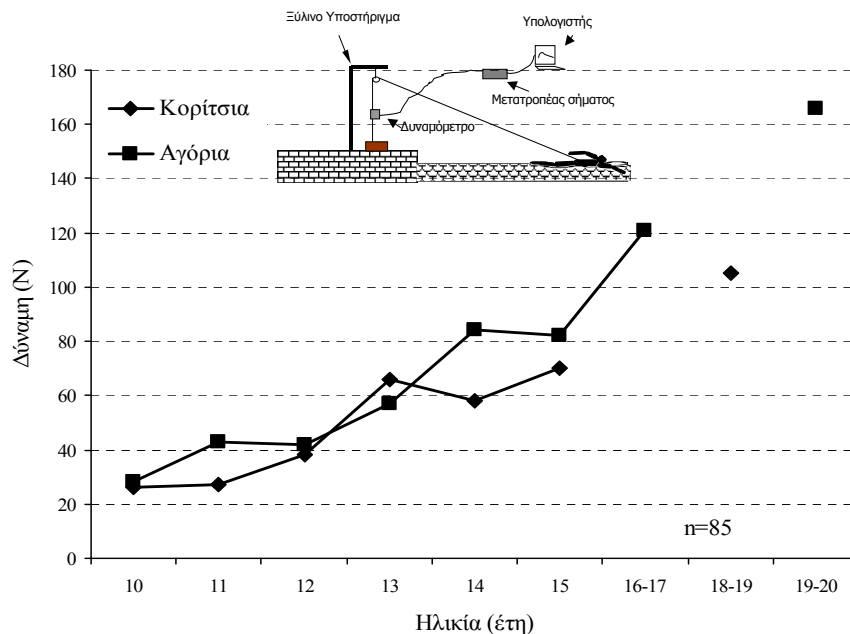
Σε προσπάθειες με διάρκεια 52 έως 57 s που αντιστοιχούν σε επιδόσεις των 100 μέτρων για κολυμβητές ελεύθερου, ύπτιου και πεταλούδας ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει 33-36%, ενώ για τους κολυμβητές του πρόσθιου η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού φτάνει το 46% για περίοδο κολύμβησης 68 s (Capelli et al., 1998). Σημαντικά αυξημένη συμμετοχή από τον αερόβιο μεταβολισμό (45%), βρέθηκε από τον Troup (1990) στα 100 μέτρα ελεύθερο. Οι διαφορές είναι πιθανό να οφείλονται σε διαφορετική μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της ενεργειακής συμμετοχής. Σε κολυμβητές με επίδοση περίπου 61 s στα 100 μέτρα ελεύθερο ο αερόβιος μεταβολισμός εμφανίζει συμμετοχή 54% (Rodríguez & Mader, 2003). Είναι φανερό ότι η μεγαλύτερη διάρκεια της προσπάθειας με πρόσθιο ή με ελεύθερο στυλ κολύμβησης ενεργοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό τον αερόβιο μεταβολισμό.

Ενεργειακή συμμετοχή σε προσπάθειες 200-400 μέτρων. Η αύξηση της αερόβιας ενεργειακής συμμετοχής σε μεγαλύτερες αποστάσεις είναι αναμενόμενη. Σε

προσπάθειες με διάρκεια 113 έως 130 s που αντιστοιχούν σε επιδόσεις των 200 μέτρων για κολυμβητές ελεύθερου, ύπτιου και πεταλούδας ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει 59-61% και φτάνει το 68% για κολύμβηση με πρόσθιο διάρκειας 148 s (Capelli et al., 1998). Στην απόσταση των 400 μέτρων πρόσφατα δεδομένα εμφανίζουν τη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού ακόμα υψηλότερη από αυτή που αναφέρεται στα εγχειρίδια. Για παράδειγμα οι Laffitte και συν. (2004) και Rodríguez & Mader (2003) εκτιμούν τη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού σε ποσοστό 80-83% στην απόσταση των 400 m. Επιπλέον, ο Laffitte και συν. (2004), με ένα έξυπνο σχεδιασμό, εκτίμησαν την ενεργειακή συμμετοχή για κάθε 100 m στη διάρκεια της απόστασης των 400 μέτρων. Στην τελευταία μελέτη βρέθηκε ότι η αρχικά υψηλή συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού (45%) στα πρώτα 100 m, μειώνεται σημαντικά στο 2-3% στα επόμενα διακόσια μέτρα για να αυξηθεί εκ νέου στα τελευταία 100 μέτρα, φτάνοντας στο 18%.

Διαφορές στην ενεργειακή συμμετοχή ανάλογα με το φύλλο. Από άλλες μελέτες φαίνεται ότι εμφανίζονται μικρές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στην ενεργειακή συμμετοχή των 100 και 400 μέτρων ελεύθερης κολύμβησης (Rodríguez & Mader, 2003). Σε αυτήν την περίπτωση είναι σημαντικότερη η διάρκεια και η ένταση της προσπάθειας και όχι το φύλλο, όταν εκτιμάται η ενεργειακή συμμετοχή. Ωστόσο, είναι πιθανό οι γυναίκες να έχουν άλλα χαρακτηριστικά που να τις διαφοροποιούν από τους άνδρες όπως η ταχύτερη ανασύνθεση του ATP, ειδικά στις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής, όταν εκτελούνται επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης (Esbjörnsson-Liljedahl, Bodin, & Jansson, 2002). Σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να μεταβληθεί η ενεργειακή συμμετοχή ή και η προπονητική επίδραση μετά από προπόνηση υψηλής έντασης (Esbjörnsson-Liljedahl, Holm, Sylven, & Jansson, 1996). Αυτή η υπόθεση χρειάζεται περαιτέρω μελέτη.

Ενεργειακή συμμετοχή ανάλογα με την ηλικία. Μια άλλη ομάδα κολυμβητών που μπορεί να εμφανίζει διαφορές στην ενεργειακή συμμετοχή είναι τα παιδιά και οι έφηβοι. Από τη μελέτη των Takahashi και συν. (1992) φαίνεται ότι η συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού σε μια προσπάθεια με ένταση που αντιστοιχεί στο 140% της VO₂max (περίπου ίση με την ταχύτητα στα 100 m) αυξάνει προοδευτικά με την ηλικία και η σημαντικότερη αύξηση εμφανίζεται την περίοδο της έναρξης της εφηβείας. Αυτή η εξέλιξη συμφωνεί με το ρυθμό αύξησης της αναερόβιας ικανότητας των νεαρών κολυμβητών (Kavouras & Troup, 1996) αλλά και με το χρονικό σημείο της απότομης αύξησης της δύναμης στη διάρκεια της κολύμβησης όπως φαι-



Σχήμα 5. Η δύναμη που ασκείται από κολυμβητές και κολυμβήτριες στη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης στις ηλικίες των 10-17 ετών (μέση τιμή δύναμης έλξης στο νερό σε προσπάθεια 15 s). Τα μεμονωμένα σημεία είναι οι μέγιστες τιμές που έχουν μετρηθεί σε Έλληνα κολυμβητή και κολυμβήτρια στην αντίστοιχη ηλικία.

νεται στο σχήμα 5 (Τουμπέκης και συν., αδημοσίευτα δεδομένα). Σημαντική αύξηση της δύναμης εμφανίζεται στην ηλικία 13-15 ετών στα κορίτσια και στην ηλικία 15-17 ετών στα αγόρια. Αυτή η ηλικιακή περίοδος μπορεί να σηματοδοτεί την αύξηση της χρήσης αναερόβιας προπόνησης. Ωστόσο, σημαντικές διαφορές στη βιολογική ηλικία μπορεί να απαιτούν διαφορετική συμπεριφορά σε αγόρια και κορίτσια.

Ενεργειακή συμμετοχή σε προπόνηση με βοηθητικά μέσα και διαφορετικά είδη κολύμβησης. Στη διάρκεια της προπόνησης πολλές φορές εκτελούνται σειρές επαναλήψεων με κινήσεις μόνο των χεριών ή μόνο των ποδιών. Σε τέτοιας μορφής προπόνηση η ένταση μπορεί να είναι μέγιστη και ο σχεδιασμός των σειρών ακολουθεί τους κανόνες που εφαρμόζονται όταν χρησιμοποιείται ολοκληρωμένο το στυλ κολύμβησης. Σε αυτήν την περίπτωση ανεξάρτητα με τον τρόπο κολύμβησης, δηλαδή αν χρησιμοποιούνται μόνο χέρια, μόνο πόδια, ή κανονική κολύμβηση, όταν οι προσπάθειες είναι μέγιστες και έχουν την ίδια διάρκεια η ενεργειακή συμμετοχή θα είναι παρόμοια (Ogita et al., 2003). Πρέπει όμως να επισημάνουμε ότι μια απόσταση που εκτελείται μόνο με πόδια συνήθως θα διαρκέσει περισσότερο από μια προσπάθεια που εκτελείται στην ίδια απόσταση μόνο με τα χέρια. Κατά συνέπεια, σε αυτήν την περίπτωση θα έχει σημασία η διάρκεια της προσπάθειας και η ενεργειακή συμμετοχή μπορεί να μεταβληθεί.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται κολυμβητικά χεράκια που αυξάνουν την επιφάνεια εφαρμογής δύναμης και την προωθητική ικανότητα των κολυμβητών (Hand-paddles). Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση που η αποτελεσματικότητα κίνησης των χεριών είναι βελτιωμένη η ενεργειακή συμμετοχή εξαρτάται από τη διάρκεια και την ένταση και δεν διαφέρει από αυτήν που έχει μετρηθεί σε κολύμβηση χωρίς τη χρήση βοηθητικών μέσων (Ogita, Onodera, & Tabata, 1999).

Ενεργειακή συμμετοχή αγωνιστικό επίπεδο και προπόνηση. Το αγωνιστικό επίπεδο των κολυμβητών μπορεί να διαφέρει σημαντικά και αυτό μπορεί να καθορίζει και την ενεργειακή συμμετοχή. Για παράδειγμα κολυμβητές υψηλού επιπέδου, συγκριτικά με τους μέτριους, μπορεί να ενεργοποιούν περισσότερο τον οικονομικότερο αερόβιο μεταβολισμό σε προσπάθειες που εκτελούνται στην ίδια απόλυτη αλλά και σχετική ένταση (Troup, Hollander, Bone, Trappe, & Barzdukas, 1992a). Σε αυτήν την περίπτωση οι ικανότεροι και πιο ταλαντούχοι κολυμβητές έχουν επιπλέον ενεργειακό δυναμικό από τον αναερόβιο μεταβολισμό, και με τη χρήση του, μπορούν να έχουν ταχύτερο ρυθμό ανασύνθεσης του ATP για να πετύχουν υψηλότερες ταχύτητες στον αγώνα.

Η αγωνιστική εξειδίκευση μπορεί επίσης να μεταβάλει την ενεργειακή συμμετοχή σε μία μέγιστη προσπάθεια 50 ή και 400 μέτρων. Για παράδειγμα ένας κολυμβητής ταχύτητας σε μια προ-

σπάθεια 50 μέτρων αντλεί ενέργεια από τον αερόβιο μεταβολισμό σε ποσοστό 18%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για έναν αθλητή αποστάσεων είναι 29%. Ο κολυμβητής αποστάσεων θα χρησιμοποιήσει μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας από τον αερόβιο μεταβολισμό και σε μια απόσταση 400 μέτρων (86%) σε σύγκριση με τον κολυμβητή ταχύτητας (76%) (Ring et al., 1996).

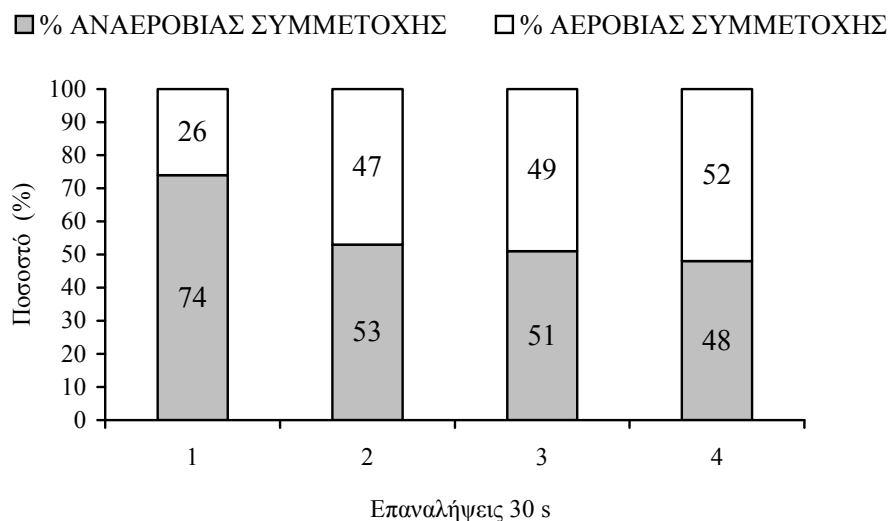
Επιπλέον η κατάλληλη προπόνηση (αερόβια ή αναερόβια) μπορεί να μεταβάλει την ενεργειακή συμμετοχή σε μια περίοδο 6 εβδομάδων. Υψηλής έντασης προπόνηση (>110% VO_{2max}) αύξησε την συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού από 44 σε 55%, σε αντίθεση με προπόνηση χαμηλής έντασης (<80% της VO_{2max}) η οποία μείωσε το ποσοστό αναερόβιας συμμετοχής από 46 σε 39% σε μια προσπάθεια διάρκειας τεσσάρων λεπτών (Troup, Barzdukas, Franciosi, Trappe, & D'Acquisto, 1991).

Ενεργειακή συμμετοχή στην προπόνηση υψηλής έντασης

Στην προπόνηση των κολυμβητών είναι συχνή πρακτική να εκτελούνται επαναλαμβανόμενες προσπάθειες αποστάσεων που έχουν διάρκεια 10-30 s (π.χ. 25-50 m) με στόχο τη βελτίωση της ταχύτητας ή της αναερόβιας ικανότητας και ισχύος. Για να επιτευχθεί η βελτίωση των παραπάνω ικανοτήτων, προτείνεται η ένταση των προσπαθειών να είναι μέγιστη (Maglischo, 2003). Το διάλειμμα που εφαρμόζεται ανάμεσα στις προσπάθειες ή και ο αριθμός των επαναλήψεων που εκτελούνται είναι καθοριστικά για το βαθμό ενεργοποίησης των ενεργειακών συστημάτων συνολικά στη σειρά των επαναλήψεων και σε κάθε μία από τις επαναλήψεις. Καταλήγουμε σε αυτό το συμπέρασμα βασιζόμενοι κυρίως σε ευρήματα μελετών από την ποδηλασία. Για παράδειγμα, όταν εκτε-

λούνται δύο προσπάθειες διάρκειας 30 δευτερολέπτων με 4 λεπτά αποκατάσταση, ο αερόβιος μεταβολισμός είναι σημαντικά αυξημένος στη δεύτερη προσπάθεια συγκριτικά με την πρώτη (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996). Όταν εκτελεστούν περισσότερες προσπάθειες ο αερόβιος μεταβολισμός αυξάνει σημαντικά και πιθανόν σε συνδυασμό με την PCr είναι οι σημαντικότερες πηγές ενέργειας στις τελευταίες προσπάθειες (Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks, 1993; Parolin et al., 1999). Χρησιμοποιώντας τη διαδικασία υπολογισμού του ελλείμματος οξυγόνου στη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης, υπολογίστηκε η συμμετοχή των συστημάτων παραγωγής ενέργειας σε κάθε μία από τέσσερις προσπάθειες με διάρκεια 30 s, σε κολυμβητές υψηλού επιπέδου. Η ένταση των προσπαθειών αντιστοιχούσε στο 95% της μέγιστης δύναμης και η αναλογία διάρκειας κολύμβησης και διάρκειας αποκατάστασης ήταν 1:1. Βρέθηκε ότι ο αερόβιος μεταβολισμός παρείχε το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας στην τέταρτη προσπάθεια (Σχήμα 6, Toubekis et al., 2000). Είναι σημαντικό ότι η ενεργειακή συμμετοχή μεταβλήθηκε παρά το γεγονός ότι η παραγωγή δύναμης δεν διέφερε σημαντικά από την πρώτη στην τελευταία προσπάθεια. Η διάρκεια του διαλείμματος αποκατάστασης είναι καθοριστική για την ενεργοποίηση των ενεργειακών συστημάτων αλλά και για την απόδοση σε προσπάθειες μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης, σαν αυτές που χρησιμοποιούνται για αναερόβια προπόνηση στην κολύμβηση (Toubekis, Douda, & Tokmakidis, 2005).

Επαναλαμβανόμενες προσπάθειες που εκτελούνται με ένταση χαμηλότερη από τη μέγιστη ταχύτητα αλλά υψηλότερη από την ταχύτητα που προκαλεί τη VO_{2max} (π.χ στο 120-140% της VO_{2max}) πιθανόν



Σχήμα 6. Η συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες προσδεμένης κολύμβησης με ένταση 150% της VO_{2max} , ή 95% της μέγιστης δύναμης έλξης. Δεδομένα από Toubekis et al. (2000).

καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μέρος της προπόνησης των κολυμβητών συγκριτικά με την προπόνηση μέγιστης έντασης ή την προπόνηση ταχύτητας. Έτσι σειρές επαναλήψεων 100 ή 200 μέτρων χρησιμοποιούνται με σκοπό να εξοικειώσουν τους κολυμβητές με το ρυθμό αγώνα στα 200 ή 400 μέτρα. Επιπλέον επιδιώκεται να επιτευχθεί ενεργειακή συμμετοχή παρόμοια με αυτήν του αγώνισματος που ειδικεύεται ο αθλητής (200 ή 400 μέτρα). Όμως ποια είναι η καταλληλότερη απόσταση και το διάλειμμα που πρέπει να εφαρμοστεί σε μια σειρά επαναλήψεων για να επιτύχουν οι κολυμβητές τους στόχους τους; Όταν τρεις διαφορετικές σειρές επαναλήψεων με αποστάσεις 200 (6×200), 100 (12×100), και 50 μέτρων (24×50) εκτελέστηκαν σε διαφορετικές ημέρες με ένταση 120% της VO_{2max} και σχέση κολύμβησης-αποκατάστασης 1:1, το μεγαλύτερο ποσοστό αερόβιας συμμετοχής εμφανίστηκε όταν χρησιμοποιήθηκαν επαναλήψεις 200 μέτρων (70%) συγκριτικά με τις επαναλήψεις των 100 ή 50 μέτρων (62 και 49% αντίστοιχα, Troupp, Trappe, Crickard, D'Acquisto & Barzdukas, 1992b). Σε επόμενη μελέτη μια σειρά επαναλήψεων 12×100 εκτελέστηκε με διαφορετική κάθε φορά σχέση διάρκειας κολύμβησης αποκατάστασης, 1:1, 1:2, 1:½ και ένταση που αντιστοιχεί στο 120% της VO_{2max} . Η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού έφτασε το 72% όταν χρησιμοποιήθηκε το μικρότερο σε διάρκεια διάλειμμα και μειώθηκε όταν η σειρά των επαναλήψεων 100 μέτρων εκτελέστηκε με μεγαλύτερα διαλείμματα αποκατάστασης (1:1, 68% και 1:2, 62%, Troupp, Barzdukas, & Trappe, 1992c).

Αποτελεσματικότητα της προπόνησης υψηλής έντασης

Τα τελευταία χρόνια έχει διατυπωθεί η άποψη ότι κατάλληλη επιλογή της έντασης της διάρκειας και του διαλείμματος αποκατάστασης στη διάρκεια προπόνησης υψηλής έντασης μπορεί να βελτιώσει εξίσου αερόβιο και αναερόβιο μεταβολισμό (αερόβια και αναερόβια ικανότητα). Στη μελέτη των Tabata και συν. (1997) όταν εκτελέστηκαν, 6-7 επαναλήψεις με διάρκεια 20 s, ένταση 170% της VO_{2max} και διάλειμμα 10 s ο αερόβιος και ο αναερόβιος μεταβολισμός ενεργοποιήθηκαν σχεδόν σε μέγιστο βαθμό. Αντίθετα όταν οι ασκούμενοι εκτέλεσαν 4-5 προσπάθειες διάρκειας 30 s με ένταση 200% της VO_{2max} και αποκατάσταση 2 λεπτά, μόνον ο αναερόβιος μεταβολισμός ενεργοποιήθηκε σε μέγιστο βαθμό. Η τελευταία μορφή άσκησης (30 s στο 200% της VO_{2max}) είναι πιθανό κατάλληλη για τη βελτίωση της αναερόβιας ισχύος, και διατηρεί μειωμένη την αερόβια συμμετοχή στη διάρκεια των επαναλήψεων.

Προπονήσεις με υψηλή ένταση έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν με επιτυχία (Salo, 1984). Αν και η μακροχρόνια εφαρμογή τους δεν έχει εξεταστεί φαίνεται ότι σημαντική βελτίωση εμφα-

νίζεται σχετικά σύντομα. Σύγχρονες μελέτες προσαθούν να εξετάσουν τους παράγοντες που επηρεάζονται με την προπόνηση υψηλής έντασης. Σε πρόσφατη μελέτη μια ομάδα κολυμβητών εκτέλεσε προπόνηση υψηλής έντασης για τρεις εβδομάδες. Οι κολυμβητές δύο φορές την ημέρα (πρωί και απόγευμα) εκτέλεσαν το παρακάτω πρόγραμμα: α) 15 προσπάθειες με διάρκεια 2 λεπτά, διάλειμμα 15 s και ταχύτητα που αντιστοιχεί στο κατώφλι γαλακτικού β) πέντε προσπάθειες 2 λεπτών στο 50% της VO_{2max} και 3 λεπτών στο 100% της VO_{2max} γ) οκτώ προσπάθειες με διάρκεια 20s, διάλειμμα 10s και ένταση που αντιστοιχεί στο 170% της VO_{2max} . Μετά από την περίοδο προπόνησης αερόβια (VO_{2max}) και αναερόβια ικανότητα (συνολικό έλλειμμα O_2) βελτιώθηκαν 12 και 14 % αντίστοιχα (Ogita, 2006). Αυτό επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα της προπόνησης υψηλής έντασης για τη βελτίωση αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας με παράλληλη σημαντική βελτίωση της απόδοσης κατά 1.5 και 2% στα 100 και 200 μέτρα κολύμβηση (Ogita, 2006).

Σχόλια και συζήτηση

Είναι σαφές από τα παραπάνω ότι η αερόβια συμμετοχή, σε πρόσφατες μελέτες εμφανίζεται σημαντικά αυξημένη σε σύγκριση με τις παλαιότερες και επηρεάζεται κυρίως από τη διάρκεια της προσπάθειας την ηλικία του κολυμβητή το επίπεδο ικανότητας την αγωνιστική εξειδίκευση αλλά όχι από το φύλο. Τα αποτελέσματα των μελετών φανερώνουν ότι η διάρκεια και η ένταση της προσπάθειας και όχι το είδος κολύμβησης είναι καθοριστικοί παράγοντες για την ενεργειακή συμμετοχή.

Είναι άραγε αυτή η αυξημένη αερόβια συμμετοχή αποτέλεσμα των διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού που εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια; Κάτι τέτοιο είναι μάλλον απίθανο αφού προσδιορισμός της ενεργειακής συμμετοχής με τη μέθοδο της μυϊκής βιοψίας και με τη μέθοδο του ελλείμματος οξυγόνου δεν διαφέρουν (Withers et al., 1991). Από την άλλη πλευρά, η αυξημένη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού στις αγωνιστικές προσπάθειες μπορεί να σημαίνει ότι είναι ανάγκη να κάνουμε περισσότερη αερόβια προπόνηση; Μήπως χωρίς να το γνωρίζουμε ενεργοποιούμε τον αερόβιο μεταβολισμό σε προπονητικές σειρές σχεδιασμένες να επιβαρύνουν τον αναερόβιο μεταβολισμό; Για αυτά τα ερωτήματα ίσως μπορέσουμε να πάρουμε κάποια απάντηση εξετάζοντας τη συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στην προπόνηση υψηλής έντασης στην κολύμβηση. Σε τέτοια προπόνηση, έντασης 120-170% της VO_{2max} , φαίνεται ότι ο αερόβιος μεταβολισμός ενεργοποιείται ταχύτερα σε κάθε επόμενη προσπάθεια, και αυξάνει την ποσοστιαία συμμετοχή του αερόβιου συστήματος παραγωγής ενέργειας. Με την κατάλληλη επιλογή

διάρκειας της προσπάθειας, διαλείμματος, έντασης και αριθμού επαναλήψεων μπορούμε να φτάσουμε στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (VO_{2max}) αλλά και να προκαλέσουμε ένα μεγάλο έλλειμμα οξυγόνου, να μειωτοποιήσουμε δηλαδή και την παραγωγή ενέργειας από τον αναερόβιο μεταβολισμό.

Αυτά τα ευρήματα φανερώνουν ότι ακόμα και η προπόνηση που είναι σχεδιασμένη να ενεργοποιήσει την αναερόβια παραγωγή ενέργειας, τελικά ενεργοποιεί σημαντικά και τον αερόβιο μεταβολισμό. Με βάση τα παραπάνω δεν πρέπει να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι η VO_{2max} εμφανίζεται βελτιωμένη μετά από προπόνηση υψηλής έντασης ή προπόνηση ταχύτητας (Parra, Cadefau, Rodas, Amigó, & Cussó, 2000; Tabata et al., 1997). Είναι πιθανό να απαιτείται αύξηση της διάρκειας αποκατάστασης όταν επιδιώκεται διατήρηση της απόδοσης και μεγιστοποίηση της αναερόβιας συμμετοχής σε προσπάθειες μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης (Toubekis et al., 2005).

Από την άλλη πλευρά είναι προφανές ότι αν θέλουμε να κολυμπήσουμε ταχύτερα πρέπει οι μύες μας να είναι σε θέση να ανασυνθέτουν το ATP (την απαιτούμενη ενέργεια) με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό. Τον ταχύ όμως παραγωγής ATP μπορούν να τον εξασφαλίσουν μόνο οι αναερόβιες πηγές ενέργειας, η PCr και η αναερόβια γλυκόλυση. Αφού όμως εκτελώντας επαναλαμβανόμενες προσπάθειες θα ενεργοποιήσουμε και τον αερόβιο μεταβολισμό, τι πρέπει να κάνουμε για να μεγιστοποιήσουμε την αναερόβια παραγωγή ενέργειας και να πετύχουμε να αυξήσουμε την αναερόβια ικανότητα και αναερόβια ισχύ των μυών μας; Σε μια τέτοια περίπτωση όταν ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η βελτίωση της αναερόβιας ισχύος καλό θα είναι να σχεδιάσουμε μεγαλύτερα διαλείμματα μεταξύ των προσπαθειών και να εκτελέσουμε προσπάθειες με μικρή χρονική διάρκεια (<10 s).

Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις

Μερικές σημαντικές πληροφορίες μπορεί να αντληθούν από αυτές τις μελέτες. Με την αλλαγή στο χρόνο αποκατάστασης ή στη διάρκεια της κολύμβησης είναι δυνατό να πετύχουμε ενεργειακή συμμετοχή παρόμοια με αυτή που απαιτείται σε μια αγωνιστική απόσταση. Για παράδειγμα μια σειρά επαναλήψεων που επιθυμούμε να ενεργοποιήσει τα μεταβολικά συστήματα στο βαθμό που απαιτείται σε ένα αγώνα 100 μέτρων βασιζόμενοι στα δεδομένα των Toubekis et al. (2000) θα μπορούσε να είναι 4 επαναλήψεις 50 μέτρων με σχέση διάρκειας κολύμβησης και αποκατάστασης 1:1. Με την ίδια λογική και βασιζόμενοι στα δεδομένα των Troup και συν. (1992b) και Troup και συν. (1992c) για το αγώνισμα των 400 μέτρων μια σειρά επαναλήψεων θα μπορούσε να είναι 12×100 με

αποκατάσταση 1:1 αφού ενεργοποιεί τον αερόβιο μεταβολισμό στον ίδιο βαθμό που απαιτείται σε αγωνιστικές συνθήκες για αυτή την απόσταση. Ο προπονητής μπορεί με αυτό τον τρόπο να σχεδιάσει σειρές επαναλήψεων απόλυτα εξειδικευμένες, ως προς την ενεργειακή συμμετοχή, για την αγωνιστική απόσταση που επιθυμεί ο αθλητής του να αγωνιστεί. Στον πίνακα 1 εμφανίζονται συνοπτικά οι μεταβολές στα ενεργειακά συστήματα με τις αλλαγές στον αριθμό επαναλήψεων, την ένταση, το διάλειμμα και την απόσταση κολύμβησης. Ένα παράδειγμα για τον τρόπο χρήσης του Πίνακα 1 δίνεται παρακάτω. Εάν μειωθεί ο αριθμός των επαναλήψεων σε ένα σετ στην προπόνηση θα προκληθεί αύξηση της συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού παραγωγής ενέργειας. Αντίθετα, η αύξηση του αριθμού των επαναλήψεων θα προκαλέσει αύξηση της συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού. Με τον ίδιο τρόπο παρατηρούμε ότι η μείωση του διαλείμματος θα προκαλέσει αύξηση της συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού. Αυξάνοντας το διάλειμμα θα προκληθεί αύξηση της συμμετοχής του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας. Χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο συνδυασμό αποστάσεων, ταχύτητας κολύμβησης, διαλείμματος και αριθμού επαναλήψεων οι προπονητές μπορούν να πετύχουν ενεργειακή συμμετοχή παρόμοια με αυτή που απαιτείται για το αγώνισμα που έχει επιλέξει ο κολυμβητής να αγωνιστεί.

Πέρα όμως από την προφανή πρακτική αξία της γνώσης για την ενεργειακή συμμετοχή σε διάφορες προπονητικές σειρές επαναλήψεων, προκύπτει και μια σημαντική γνώση σχετική με την αξία του αερόβιου μεταβολισμού. Φαίνεται ότι ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει σημαντικά στη διάρκεια της προπόνησης υψηλής έντασης αλλά και του αγώνα, ακόμα και στις προσπάθειες που έχουν μικρή διάρκεια. Η αξία του αερόβιου μεταβολισμού για την παραγωγή ενέργειας είναι σημαντική σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες και καθοριστική σε πολλές περιπτώσεις για το ρυθμό αποκατάστασης (McMahon & Jenkins, 2002). Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι σε αρκετές μελέτες που εφάρμοσαν προπόνηση ταχύτητας για μια περίοδο 6 εβδομάδων παρατηρήθηκε βελτίωση της VO_{2max} αλλά και της δραστηκότητας των αερόβιων ενζύμων (MacDougall et al., 1998). Το ίδιο έχει παρατηρηθεί και μετά από προπόνηση υψηλής έντασης τριών εβδομάδων σε κολυμβητές (Ogita, 2006). Η αυξημένη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη δραστηκότητα του ενζύμου της πυροσταφυλικής αφυδρογονάσης (PDH) στη διάρκεια των επαναλαμβανόμενων προσπαθειών μέγιστης έντασης. Η αυξημένη δράση του ενζύμου οδηγεί σε ταχύτερη ενεργοποίηση του αερόβιου μεταβολισμού (Parolin et al., 1999).

Πίνακας 1. Η επίδραση της μεταβολής των παραμέτρων της διαλειμματικής προπόνησης (απόσταση κολύμβησης, αριθμός επαναλήψεων, ένταση, διάλειμμα) στον ενεργειακό μεταβολισμό. (τροποποιημένος από Maglisco, 2003).

Μεταβολή παραμέτρου	Επίδραση
Αύξηση αριθμού επαναλήψεων	αύξηση της συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού
Αύξηση απόστασης κολύμβησης	αύξηση της συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού
Αύξηση διαλείμματος	αύξηση της συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού
Αύξηση έντασης	αύξηση της συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού
Μείωση αριθμού επαναλήψεων	αύξηση της συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού
Μείωση απόστασης κολύμβησης	αύξηση της συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού
Μείωση διαλείμματος	αύξηση της συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού
Μείωση έντασης	αύξηση της συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή προπόνησης υψηλής έντασης είναι ενθαρρυντικά και αρκετοί κολυμβητές εφαρμόζουν τέτοια προγράμματα προπόνησης. Ωστόσο, αρκετά ερωτήματα είναι ακόμα αναπάντητα και χρειάζεται αρκετή μελέτη για τον προσδιορισμό της κατάλληλης δοσολογίας προπόνησης υψηλής έντασης σε σχέση με την υπόλοιπη προπόνηση. Είναι ανάγκη λοιπόν να ελεγχθεί η δοσολογία μιας τέτοιας μορφής προπόνησης. Δεν είναι βέβαιο ότι περισσότερη αναερόβια προπόνηση θα οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση στον αγώνα. Η συχνότητα εκτέλεσης είναι ένα άλλο ζήτημα και πιθανό να χρειάζεται να παρεμβάλλονται ημέρες ξεκούρασης μετά από έντονη προπόνηση (Parra et al., 2000). Για πρακτικούς λόγους (οι κολυμβητές προπονούνται καθημερινά) η ξεκούραση μπορεί να είναι ενεργητική με τη μορφή προπόνησης χαμηλής έντασης. Επιπλέον, μετά από έντονη αναερόβια προπόνηση η κολύμβηση χαμηλής έντασης (χαλάρωμα) μπορεί να επιταχύνει την αποκατάσταση των κολυμβητών (Τσάμη, Τουμπέκης, Δούδα, Γούργουλης, & Τοκμακίδης, 2006). Ωστόσο, ο προπονητής μπορεί να αποφασίσει αποχή από την προπόνηση όταν το θεωρήσει σκόπιμο. Διαφορετικές αγωνιστικές απαιτήσεις και ο όγκος και η ένταση στην προπόνηση πρέπει να διαφοροποιηθεί με τον κατάλληλο τρόπο. Πρέπει να εξεταστεί ποια είναι η αξία και χρησιμότητα της αυξημένης ή υψηλής έντασης προ-

πόνησης για έναν κολυμβητή 50 και ένα κολυμβητή 1500 μέτρων. Η χρονική στιγμή και η διάρκεια εφαρμογής της προπόνησης υψηλής έντασης πριν από τον σημαντικό αγώνα είναι ένα ακόμα ζήτημα που χρειάζεται μελέτη. Οι διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών καθώς και μεταξύ παιδιών διαφορετικής ηλικίας στην ανταπόκριση και προσαρμογή στην υψηλής έντασης προπόνηση είναι ανάγκη να μελετηθεί στην κολύμβηση.

Επίλογος

Συνοψίζοντας τα ευρήματα των μελετών που αναφέρονται παραπάνω φαίνεται ότι η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού είναι εμφανώς αυξημένη σε ποσοστό σε όλες τις αγωνιστικές προσπάθειες σε σύγκριση με τις τιμές που εμφανίζονται στην παλαιότερη βιβλιογραφία. Πιθανόν τα ευρήματα των πιο πρόσφατων μελετών και η πιο προσεκτική μεθοδολογία που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια μας οδηγούν σε ένα τέτοιο συμπέρασμα. Πρέπει να γίνει κατανοητό από προπονητές και κολυμβητές ότι ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει καθοριστικά σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης. Η συμμετοχή αυτού του μεταβολικού μονοπατιού στην παραγωγή ενέργειας αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση που εφαρμόζεται μικρό διάλειμμα και κυρίως όταν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες αποστάσεις (σετ με 100-200 m). Ακόμα και σε περιπτώσεις που η ταχύτητα κολύμβησης σε μια σειρά επαναλήψεων μέγιστης έντασης δεν μεταβάλλεται ο αερόβιος μεταβολισμός θα αυξάνει σε κάθε προσπάθεια.

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Η ενεργειακή συμμετοχή ή συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων σε προσπάθειες με διαφορετική διάρκεια και ένταση είναι γνώση θεμελιώδους σημασίας για κάθε προπονητή σε κάθε άθλημα. Σε ένα ατομικό άθλημα όπως η κολύμβηση που η επιτυχία στον αγώνα κρίνεται από μερικές λεπτομέρειες είναι ανάγκη ο σχεδιασμός της προπόνησης να έχει τεκμηριωμένη επιστημονικά βάση. Η επιλογή των κατάλληλων συνδυασμών απόστασης, διαλείμματος, έντασης, αριθμού επαναλήψεων μπορεί να αποτελέσει τη βάση για επιτυχή έκβαση στον αγώνα.

Βιβλιογραφία

- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V., & Linsel, G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90,100, 120, and 140% of $v\text{VO}_2\text{max}$ and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 27-33.
- Bogdanis, G., Nevill, M., Boobis, L., & Lakomy, H. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80, 876-884.
- Capelli, C., Pendergast, D., & Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 385-393.
- Costill, D., King, D., Thomas, R., & Hargreaves, M. (1985). Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *The Physician and Sports-medicine*, 13, 94-101.
- Esbjörnsson-Liljedahl, M., Bodin, K., & Jansson, E. (2002). Smaller muscle ATP reduction in women than in men by repeated bouts of sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1075-1083.
- Esbjörnsson-Liljedahl, M., Holm, I., Sylvén, C., & Jansson, E. (1996). Different responses of skeletal muscle following sprint training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 74, 375-383.
- Fernandes, R., Cardoso, C., Soares, S., Ascensão, A., Colaço, P., & Villas-Boas, J.P. (2003). Time limit and VO_2 slow component at intensities corresponding to VO_2max in swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 576-581.
- Gaitanos, G., Williams, C., Boobis, L., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75, 712-719.
- Houston, M. (1978). Metabolic responses to exercise, with special reference to training and competition in swimming. In B. Eriksson and B. Furberg (Eds.), *Swimming medicine IV. International series on sport sciences*, Vol 6 (pp. 207-232). Baltimore, USA: University Park Press.
- Kavouras, S., & Troup, J. (1996). Growth and developmental changes in selected characteristics of elite age group swimmers. In J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert and T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, (pp.234-239). London, UK: E&FN Spon.
- Keskinen, K.L., Rodriguez, F.A., & Keskinen, O.P. (2003). Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 322-329.
- Lavoie, J.-M. & Montpetit, R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Medicine*, 3, 165-189.
- Laffite, L.P., Vilas-Boas, J.P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Billat, V. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(Suppl.), S17-S31.
- McMahon, S. & Jenkins, D. (2002). Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine*, 32, 761-784.
- Maglischo, E. (2003). *Swimming fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Maglischo, E. (1993). *Swimming even faster*. Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company.
- MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald, J.R., McKelvie, R.S., Green, H.J., & Smith, K.M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, 84, 2138-2142.
- Medbø, J., Mohn, A.-C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O_2 deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64, 50-60.
- Mujika, I., Busso, T., Geysant, A., Chatard, J.C., Barale, F., & Lacoste, L. (1996). Training content and its effects on performance in 100 and 200 m swimmers. In J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert and T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (pp. 201-207). London, UK: E & FN Spon.
- Ogita, F., Onodera, T., & Tabata, I. (1999). Effect of hand paddles on anaerobic energy release during supramaximal swimming. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 31, 729-735.
- Ogita, F., Onodera, T., Tamaki, H., Toussaint, H., Hollander, P., & Wakayoshi, K. (2003). Metabolic profile during exhaustive arm stroke, leg kick and whole body swimming lasting 15 s to 10 min. In B J.-C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and medicine in swimming IX* (pp. 361-366). Saint-Etienne, France: Publications de l' Université de Saint-Etienne.
- Ogita, F. (2006). Energetics in competitive swimming and its application for training. In J.P. Vilas-Boas, F. Alves, and A. Marques (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming X, Portuguese journal of sport sciences*, Vol. 6, Supl. 2 (pp. 117-121). Porto, Portugal: Publication Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Parra, J., Cadefau, J., Rodas, G., Amigó, N., & Cusó, R. (2000). The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training

- in human muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 169, 157-165.
- Parolin, M., Chesley, A., Matsos, M., Spriet, L., Jones, N., & Heigenhauser, G. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, 277, E890-E900.
- Ring, S., Mader, A., Wirtz, W., & Wilke, K. (1996). Energy metabolism during sprint swimming. In J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert and T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (pp. 177-184). London, UK: E&FN Spoon.
- Rodriguez, F., & Mader, A. (2003). Energy metabolism during 400 and 100-m crawl swimming: Computer simulation based on free swimming measurement. In B. J.-C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and medicine in swimming IX*, (pp. 373-378). Saint-Etienne, France: Publications de l'Universite de Saint-Etienne.
- Salo, D., (1984). High-intensity training and freestyle performance. *Swimming Technique*, 21, 20-23.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F., & Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 29, 390-395.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., et al. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO_2max . *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 28, 1327-1330.
- Takahashi, S., Bone, M., Spry, S., Trappe, S., & Troup, J. (1992). Differences in the anaerobic power of age group swimmers. In D. MacLaren, T. Reilly, and A. Lees (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming, swimming science VI*, (pp. 289-294). London, UK: E&FN Spoon.
- Toubekis, A., Douda, H., & Tokmakidis, S. (2005). Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 694-700.
- Toubekis, A.G., Peyrebrune, M., Nevill, M.A., & Lakomy, H.K.A. (1999). Energy systems contribution during a 30s tethered swimming sprint. *Άθληση και Κοινωνία, έκτακτο τεύχος 22*, p.192.
- Toubekis, A.G., Peyrebrune, M.C., Nevill, M.E., & Lakomy, H.K.A. (2000). Estimating the energy contribution during repeated bouts of high intensity tethered swimming. *Άθληση και Κοινωνία, έκτακτο τεύχος 25*, p.245.
- Troup, J. (1990). Measurement of swimming anaerobic capacity. In J. Troup (Ed.) *International Center for Aquatic Research Annual* (pp. 9-15). Colorado Springs, CO: United States Swimming Press
- Troup, J., Barzdukas, A., Franciosi, B., Trappe, S., & D'Acquisto, L. (1991). Aerobic, anaerobic profile changes as a result of sprint or endurance swim training. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 23, S91.
- Troup, J., Hollander, A., Bone, M., Trappe, S., & Barzdukas, A. (1992). Performance related differences in the anaerobic contribution of competitive swimmers. In D. MacLaren, T. Reilly and A. Lees, (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming, swimming science VI* (pp. 271-277). London, UK: E&FN Spoon.
- Troup, J., Trappe S., Crickard, G., D'Acquisto, L., & Barzdukas, A. (1992). Aerobic:Anaerobic contributions during various distances at common work:rest ratios. In D. MacLaren, T. Reilly and A. Lees, (Eds), *Biomechanics and medicine in swimming, swimming science VI*, (pp. 279-283). London, UK: E&FN Spoon.
- Troup, J., Barzdukas, A., & Trappe, S. (1992). Adjustment to maximal work intensity during interval swimming using various work:rest ratios. In D. MacLaren, T. Reilly and A. Lees (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming, swimming science VI* (pp. 263-269). London, UK: E & FN Spoon
- Τσάμη, Α., Τουμπέκης, Α., Δούδα, Ε., Γούργουλης, Β., & Τοκμακίδης, Σ. (2006). Επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης μετά από έντονη προπόνηση κολύμβησης στην απόδοση 24 ώρες αργότερα, *Άθληση & Κοινωνία: Περιοδικό Αθλητικής Επιστήμης*, 42, 27-34.
- Withers, R., Sherman, W., Clark, D., Esselbach, P., Nolan, S., Mackay, M., et al. (1991). Muscle metabolism during 30, 60 and 90 s of maximal cycling on air-braked ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 354-362.

