



Η Σχετική Συμβολή του Αερόβιου Μηχανισμού κατά τη Διάρκεια Εξομοιωμένου Αγώνα Κωπηλασίας

Χρήστος Σ. Ριγανάς^{1,2}, Ιωάννης Σ. Βράμπας², & Κωνσταντίνος Μανδρούκας¹

¹Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας - Εργομετρίας, ΤΕ.ΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

²Εργαστήριο Φυσιολογίας, Αθλητιατρικής, Υγιεινής & Βιοχημείας,
Τ.Ε.Φ.Α.Α. - Σερρών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η αγωνιστική κωπηλασία είναι ένα άθλημα στο οποίο συμμετέχει τόσο ο αερόβιος, όσο και ο αναερόβιος μηχανισμός παραγωγής ενέργειας. Το ακριβές ποσοστό συμμετοχής κάθε μηχανισμού στην παραγωγή ενέργειας, κατά τη διάρκεια του αγώνα στο νερό, δεν έχει ακόμη πλήρως αποσαφηνιστεί. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να βρεθεί το ποσοστό συμμετοχής της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}), κατά τη διάρκεια ενός εξομοιωμένου αγώνα κωπηλασίας. Το δείγμα αποτέλεσαν 25 κωπηλάτες της κατηγορίας νέων (ύψος 182.23 ± 1.50 cm, βάρος 77.93 ± 1.42 kg, ηλικία 20.50 ± 1.3 έτη, προπονητική ηλικία 5.07 ± 1.24 έτη), οι οποίοι πραγματοποίησαν σε κωπηλατοεργόμετρο δυο δοκιμασίες: 1) μια μέγιστη δοκιμασία προσδιορισμού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και 2) έναν εξομοιωμένο αγώνα κωπηλασίας απόστασης 2000m. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό συμμετοχής της VO_{2max} κατά τη διάρκεια του εξομοιωμένου αγώνα είναι πολύ υψηλό και φθάνει το 88.67% σε απόλυτες τιμές και το 88.56% σε σχετικές τιμές. Η VO_2 ήταν στατιστικά χαμηλότερη κατά τη διάρκεια του εξομοιωμένου αγώνα σε σχέση με τη δοκιμασία εξάντλησης τόσο σε απόλυτες (4389.57 ± 84.87 vs 4951 ± 46.81 ml • min⁻¹) όσο και σε σχετικές με το σωματικό βάρος τιμές (56.32 ± 0.34 vs 63.60 ± 1.97 ml • kg⁻¹ • min⁻¹). Η καρδιακή συχνότητα ήταν σημαντικά υψηλότερη στον εξομοιωμένο αγώνα σε σχέση με την δοκιμασία εξάντλησης (202.50 ± 2.02 vs 196.93 ± 1.13 b • min⁻¹). Τα επίπεδα δύσπνοιας καθώς και η συχνότητα αναπνοών εμφάνισαν εξίσου σημαντικά υψηλότερες τιμές στον εξομοιωμένο αγώνα σε σχέση με τη δοκιμασία προσδιορισμού της VO_{2max} (1.12 ± 0.03 vs 0.94 ± 0.02 ; 70.14 ± 1.64 vs 61.79 ± 2.62 b • min⁻¹). Η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά το πέρας των δοκιμασιών ήταν στατιστικά υψηλότερη κατά τη διάρκεια του εξομοιωμένου αγώνα σε σχέση με τη δοκιμασία εξάντλησης (15.27 ± 0.64 vs 11.70 ± 0.32 mmol • l⁻¹). Συμπερασματικά, το ποσοστό συμμετοχής της VO_{2max} κατά τη διάρκεια ενός εξομοιωμένου αγώνα κωπηλασίας είναι πολύ υψηλό (>88%), γεγονός που φανερώνει την ξεκάθαρη υπεροχή του αερόβιου μηχανισμού έναντι αυτής του αναερόβιου στην παραγωγή ενέργειας.

Λέξεις κλειδιά: κωπηλασία, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, αερόβια ικανότητα

Aerobic Mechanism Relative Contribution during a Simulated 2000m 'All-Out' Race

Christos S. Riganas^{1,2}, Ioannis S. Vrabas² & Konstantinos Mandroukas¹

¹Laboratory of Ergophysiology and Ergometry, Department of Physical Education and Sports Science, Aristotle University, Thessaloniki, Hellas

²Physiology, Biochemistry, Health and Sports Medicine Laboratory, Department of Physical Education and Sports Science at Serres, Aristotle University, Hellas

Abstract

Rowing is a strength-endurance type of sport and competition performance depends on factors such as aerobic and anaerobic metabolism. Energy cost during all-out effort in water has not clearly reported. The purpose of this study was to determine the relative contribution of VO_{2max} during simulated a 2000m race. Twenty-five rowers (height 182.23 ± 1.50 cm; weight 77.93 ± 1.42 Kg; age 20.50 ± 1.3 years; training age 5.07 ± 1.24 years) performed an incremental exercise test to determine the maximal oxygen uptake (VO_{2max}), and a 2000 metre "all-out" test to evaluate performance indices. The results revealed high contribution of the VO_{2max} during the simu-

lated race and reached 88.67% for absolute and 88.56% for relative values of VO_{2max} . Aerobic power was significantly lower during the simulated race compared to the incremental test, both in absolute (4389.57 ± 84.87 vs 4951 ± 46.81 ml min^{-1}) and relative values (56.32 ± 0.34 vs 63.60 ± 1.97 ml $kg^{-1} min^{-1}$). Heart rate was significantly higher during the simulated race compared with the incremental test 202.50 ± 2.02 vs 196.93 ± 1.13 b min^{-1}). Dyspnea index and breathing frequency were also significantly higher during the simulated race compared with the incremental test (1.12 ± 0.03 vs 0.94 ± 0.02 ; 70.14 ± 1.64 vs 61.79 ± 2.62 b min^{-1}). Blood lactate concentration was also significantly higher during the 2000m all-out test compared to the incremental test (15.27 ± 0.64 vs 11.70 ± 0.32 mmol l^{-1}). In conclusion the present findings support the notion that aerobic metabolism has high contribution a during simulated 2000m race (>88% of VO_{2max}) compared to the anaerobic metabolism.

Keywords: rowing, maximal oxygen uptake, aerobic capacity

Εισαγωγή

Το ποσοστό συμμετοχής των ενεργειακών μηχανισμών που διαθέτει ο άνθρωπος για την παραγωγή μυϊκής ενέργειας είναι ανάλογο με την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης. Το κύριο χαρακτηριστικό για την κατάταξη ενός αγωνίσματος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση του (Κλεισούρας, 2004).

Ο μέσος χρόνος διεξαγωγής ενός αγώνα κωπηλασίας απόστασης 2000m ανάλογο με την κατηγορία των αθλητών, το είδος της βάρκας και των κουπιών διαρκεί από 5.5 - 7min, με ρυθμό 32 - 38 κουπιές ανά λεπτό και μέση παραγωγή ισχύος που κυμαίνεται μεταξύ 450 - 550W (Steinacker, 1993). Αυτό κατατάσσει την κωπηλασία στα αθλήματα εκείνα όπου ενεργοποιούνται σε μεγάλο βαθμό τόσο το καρδιοαναπνευστικό όσο και το μυϊκό σύστημα (Larsson & Forsberg, 1980).

Η πρώτη ερευνητική προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να βρεθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις του αθλήματος της κωπηλασίας ήταν αυτή του Liljestrand και Lindhard (1920). Σήμερα είναι σαφές ότι κατά τη διάρκεια του αγώνα η παροχή μυϊκής ενέργειας πραγματοποιείται με ταυτόχρονη συμμετοχή του αερόβιου και του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας (Mäestu, J. Jürimäe, & T. Jürimäe, 2005). Αντικρουόμενα ερευνητικά δεδομένα εμφανίζονται όσον αφορά το ποσοστό συμμετοχής καθενός από τους δυο αυτούς μηχανισμούς, κυρίως λόγω της επίδρασης περιβαλλοντικών παραγόντων όπως ο αέρας, ο κυματισμός και η θερμοκρασία (Jensen, 1994). Προκειμένου λοιπόν να περιοριστούν οι εξωτερικές επιδράσεις στην απόδοση, χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς εξομοιωμένες εξαντλητικές δοκιμασίες προκαθορισμένων αποστάσεων όπως 500m, 1000m, 2000m, 2500m και 6000m ή προκαθορισμένου χρόνου 2, 6 και 7min σε κωπηλατοεργόμετρο, με υψηλούς δείκτες συσχέτισης με τις συνθήκες αγώνα (J. Jürimäe, Mäestu, T. Jürimäe, & Pihl, 1999; J. Jürimäe, Mäestu, & T. Jürimäe, 2000; Womack, Davis, & Wool, 1996).

Οι F. Hagerman, Connors, Gault, G. Hagerman και Polinski (1978) δείχνουν ότι ο αερόβιος

μηχανισμός ενεργοποιείται κατά 70% και ο αναερόβιος σε ποσοστό 30%, κατά τη διάρκεια ενός εξομοιωμένου αγώνα. Λίγο αργότερα οι Secher, Vaage και Jackson (1982) φανερώνουν ότι το εύρος συμμετοχής του αερόβιου μηχανισμού κατά τη διάρκεια εξομοιωμένου αγώνα και αγώνα στο νερό, κυμαίνεται μεταξύ του 70 - 86% σε αντίθεση με την έρευνα του Mickelson και Hagerman (1982) που υποστηρίζουν ότι ένας αγώνας κωπηλασίας σε πραγματικές συνθήκες ενεργοποιεί την αερόβια ικανότητα ενός κωπηλάτη κατά 72% και την αναερόβια κατά 28%.

Μια αναλυτικότερη έρευνα όπως αυτή των Roth, Hasart και Wolf (1983) φανερώνει ότι κατά τη διάρκεια του αγώνα η ενεργοποίηση του αερόβιου μεταβολισμού υπολογίζεται περίπου στο 67%, με το υπόλοιπο 33% να κατανέμεται κατά 21% στο αναερόβιο γαλακτικό και 12% στο αναερόβιο γαλακτικό σύστημα. Νεότερες έρευνες φανερώνουν μια αυξητική τάση στο ποσοστό συμμετοχής του αερόβιου μηχανισμού που κυμαίνεται από 84 - 86% έναντι του αναερόβιου που αγγίζει το 14 - 16% (Messonnier, Freund, Boudin, Belin & Lacour, 1997; Russell, le Rossignol, & Sparrow, 1998).

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία καθόρισε το ποσοστό συμμετοχής των μηχανισμών παραγωγής ενέργειας κατά την αγωνιστική προσπάθεια σύμφωνα με τη μέθοδο του χρέους οξυγόνου χωρίς να υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα για το ποσοστό συμμετοχής της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας ήταν να βρεθεί το ποσοστό συμμετοχής της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}), κατά τη διάρκεια ενός εξομοιωμένου αγώνα κωπηλασίας 2000m.

Μέθοδος και Διαδικασία

Συμμετέχοντες

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 25 άνδρες κωπηλάτες της κατηγορίας νέων κάτω των 23 ετών (ηλικία 20.50 ± 1.13 έτη, προπονητική ηλικία 5.07 ± 1.24 έτη, ύψος 181.23 ± 1.50 cm, βάρος 77.93 ± 1.42 kg). Κριτήριο για τη συμμετοχή τους αποτέλεσε η επί σειρά δυο (2) ετών συμμετοχή τους στο πανελλήνιο πρωτάθλημα κωπηλασίας. Από τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να διατηρήσουν τη συνήθη διαίτα

τους και να αποφύγουν κάθε είδος άσκησης 24ώρες πριν τις μετρήσεις. Πραγματοποιήθηκε στους συμμετέχοντες σχετική ενημέρωση για τους πιθανούς κινδύνους των δοκιμασιών, και δόθηκε γραπτή αποδοχή εθελοντικής συμμετοχής.

Διαδικασία Μέτρησης

Οι κωπηλάτες επισκεφτήκαν το Εργαστήριο εντός 36 ωρών προκειμένου να πραγματοποιήσουν έναν εξομοιωμένο αγώνα κωπηλασίας και μια εξαντλητική δοκιμασία προσδιορισμού της VO_{2max} . Κατά τη πρώτη τους επίσκεψη καταγράφηκε η καρδιακή συχνότητα ηρεμίας ($K.Σ_{ηρεμίας}$), και η συστολική και διαστολική πίεση. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε σπιρομετρικός έλεγχος ηρεμίας προκειμένου να ελεγχθεί η φυσιολογική πνευμονική λειτουργία των κωπηλατών (Oxycan Pro, Jaeger, Germany).

Μετά τον σπιρομετρικό έλεγχο πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία προσδιορισμού της VO_{2max} σε κωπηλατοεργόμετρο (Concept II, Nottingham, UK) ενώ παράλληλα οι κωπηλάτες ήταν συνδεδεμένοι με 'Breath by Breath' εργοσπρόμετρο (Oxycan Pro, Jaeger, Germany) και ηλεκτροκαρδιογράφο (Medilog AR12, Digital ECG Recorder, Germany). Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε αρχικά περιλάμβανε δυο λεπτά κωπηλασία στα 150W με σταδιακή αύξηση της αντίστασης 50W κάθε δυο λεπτά μέχρι εξάντλησης (Yoshiga & Higuchi, 2003).

Τα κριτήρια για την επίτευξη της VO_{2max} αποτέλεσαν: η εμφάνιση πλατώ παρά τη συνεχιζόμενη αύξηση της επιβάρυνσης όχι πάνω από 5 ml/kg/min, το αναπνευστικό πηλίκιο (RER) ≥ 1.15 , το γαλακτικό οξύ (ΓΟ) στο τριχοειδικό αίμα ≥ 9 mmol.lt και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα σύμφωνα με την προβλεπόμενη μέγιστη τιμή που καθορίζεται από τον τύπο 220b - ηλικία (Bassett & Howley, 2000). Στο 5^ο λεπτό μετά τη λήξη της δοκιμασίας πάρθηκε τριχοειδικό αίμα από τη ράγα του δακτύλου για τον προσδιορισμό του γαλακτικού οξέος στο αίμα με τη μέθοδο της ξηράς χημείας σε φωτόμετρο-ανακλασίμετρο, εφόσον είχε προηγηθεί προθέρμανση του δακτύλου μέσα σε χλιαρό νερό (Accusport, Boehringer Mannheim, Germany).

Κατά τη δεύτερη επίσκεψη των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε ο εξομοιωμένος αγώνας σε κωπηλατοεργόμετρο (Concept II, Nottingham, UK) αφού πρώτα βαθμονομήθηκε η αντίστασή του στις 135 μονάδες για όλους τους συμμετέχοντες. Όλοι οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν προθέρμανση 4 - 6km αφού προηγουμένως συνδέθηκαν με το σπρόμετρο και τον ηλεκτροκαρδιογράφο.

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 12. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται σε μέσους όρους (mean \pm SE), ενώ οι διαφορές των μέσων όρων ελέγχθηκαν με T-test για ζεύγη τιμών. Επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το .05.

Αποτελέσματα

Οι μέσοι όροι και τα τυπικά σφάλματα (Mean \pm SE) των ανθρωπομετρικών στοιχείων των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στο Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων

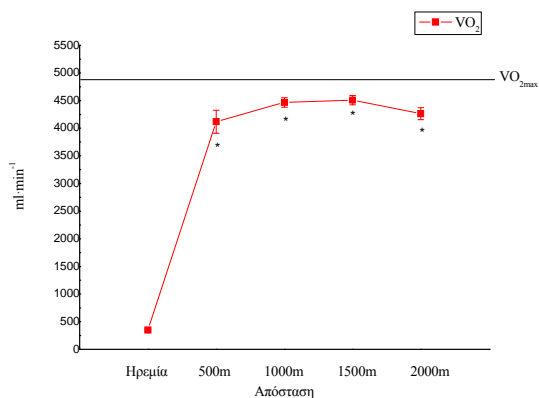
	N = 25	M	(\pm SE)
Ηλικία (years)		20.50	± 1.13
Προπονητική Ηλικία (years)		5.07	± 1.24
Ύψος (cm)		181.23	± 1.50
Βάρος (kg)		77.93	± 1.42
Επιφάνεια Σώματος (m ²)		1.98	± 0.07
Δείκτης Μάζας Σώματος (kg m ⁻²)		23.83	± 0.52
Συστολική Πίεση (mmHg)		128.36	± 2.81
Διαστολική Πίεση (mm Hg)		56	± 2.45
K.Σ _{ηρεμίας} (b min ⁻¹)		60.3	± 4.15

Ο σπιρομετρικός έλεγχος ηρεμίας έδειξε ότι υπήρξε φυσιολογική αναπνευστική λειτουργία με τους αναπνευστικούς δείκτες (όγκοι & χωρητικότητες) να ξεπερνούν το 90% των προβλεπόμενων τιμών. Σύμφωνα με τον πίνακα 2, η ανάλυση T-test για ζεύγη τιμών έδειξε ότι $K.Σ_{max}$ ήταν στατιστικά υψηλότερη κατά τη διάρκεια του αγώνα σε σχέση με την δοκιμασία εξάντλησης ($p < .05$). Αντίθετα, η VO_2 σε απόλυτες τιμές ήταν στατιστικά υψηλότερη κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας εξάντλησης (4951.00 ± 76.81 ml min⁻¹) σε σχέση με τον εξομοιωμένο αγώνα (4389.57 ± 84.87 ml min⁻¹, $p < .05$). Στατιστικά υψηλότερη παρουσιάστηκε η VO_2 σε σχετικές τιμές κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας εξάντλησης (63.60 ± 1.97 ml kg⁻¹ min⁻¹) σε σχέση με τον εξομοιωμένο αγώνα (56.32 ± 0.34 ml kg⁻¹ min⁻¹).

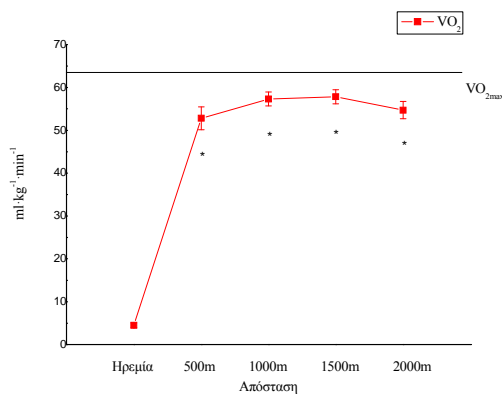
Τα διαγράμματα 1 και 2 φανερώουν ξεκάθαρα το υψηλό ποσοστό συμμετοχής της VO_2 κατά τη διάρκεια του αγώνα, που έφτασε στο 88.67% για τις απόλυτες τιμές και στο 88.56% για τις σχετικές τιμές, της VO_{2max} .

Κατά τη διάρκεια του εξομοιωμένου αγώνα οι κωπηλάτες εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά στη συχνότητα αναπνοών (Bf) (70.14 ± 1.64 b min⁻¹) σε σχέση με τη δοκιμασία εξάντλησης (61.79 ± 2.62 b min⁻¹, $p < .001$). Τα επίπεδα δύσπνοιας βρέθηκαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα κατά τη διάρκεια του αγώνα (1.12 ± 0.03) σε σύγκριση με τη δοκιμασία εξάντλησης (0.94 ± 0.02 , $p < .001$), σε ποσοστό 19.14% (Πίνακας 3).

Τέλος, η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος βρέθηκε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη, μετά τη λήξη του εξομοιωμένου αγώνα (15.27 ± 0.64 mmol lt⁻¹) σε σύγκριση με την δοκιμασία εξάντλησης (11.70 ± 0.32 mmol lt⁻¹, $p < .001$, Πίνακας 3).



Σχήμα 1. Διακόμανση της VO₂ (απόλυτες τιμές) κατά την διάρκεια του εξομοιωμένου αγώνα σε σχέση με την VO_{2max}



Σχήμα 2. Διακόμανση της VO₂ (σχετικές τιμές) κατά την διάρκεια του εξομοιωμένου αγώνα σε σχέση με την VO_{2max}

Πίνακας 2. Φυσιολογικά Χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων

(n=25)	Δοκιμασία Εξάντλησης	Εξομοιωμένος Αγώνας	Διαφορά %	Sig. <.05
K.Σ_{max} (b min⁻¹)	196.93 (±1.13)	202.50 (±2.02)	-2.75	.03
VO₂ (ml min⁻¹)	4951.00 (±76.81)	4389.57 (±84.87)	11.33	.02
VO₂ (ml kg⁻¹min⁻¹)	63.60 (±1.97)	56.32(±0.34)	11.44	.02
VE (l min⁻¹)	163.92 (±4.60)	167.64 (±3.05)	-2.26	n.s
RER	1.14 (±0.01)	1.14 (±0.01)	0	n.s
Bf (b min⁻¹)	61.79 (±2.62)	70.14 (±1.64)	-13.51	.002
Δείκτης Δύσπνοιας	0.94 (±0.02)	1.12 (± 0.03)	-19.14	.001
ΓO (mmol l⁻¹)	11.70 (±0.32)	15.27 (±0.64)	-30.51	.001

VE: πνευμονικός αερισμός, Bf: συχνότητα αναπνοών

Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φάνηκαν ξεκάθαρα οι υψηλές αερόβιες απαιτήσεις του εξομοιωμένου αγώνα, όπως καταγράφηκε από το ποσοστό συμμετοχής της VO_{2max} που έφτασε περίπου το 87%. Η συμμετοχή του αερόβιου μηχανισμού ενέργειας κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής προσπάθειας, όπως αυτή εκφράζεται από το ποσοστό εκμετάλλευσης της VO_{2max}, κορυφώνεται στο χρονικό διάστημα μεταξύ των 500m και 1500m.

Πλήθος ερευνών έχουν χρησιμοποιήσει δοκιμασίες σε κωπηλατοεργόμετρο προκρίμενου να προβλέψουν την απόδοση κατά τη διάρκεια του αγώνα. Ο Ingham, Whyte, Jones και Nevill (2002) έδειξαν ότι η VO₂ στο γαλακτικό κατώφλι (4 mmol l⁻¹), η μέγιστη παραγωγή ισχύος κατά τη διάρκεια μιας σταδιακής αυξανόμενης δοκιμασίας και η άλληλη σωματική μάζα αποτελούν τους πιο σημαντικούς δείκτες πρόβλεψης απόδοσης ενός αθλητή κωπηλασίας. Κατά τον ίδιο τρόπο και στην παρούσα εργασία για το προσδιορισμό της VO_{2max} χρησιμοποιήθηκε μια δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενης έντασης (2min κάθε στάδιο) και για την αξιολόγηση της απόδοσης ένας εξομοιωμένος α-

γώνας 2000m.

Τα υπάρχοντα ευρήματα προηγούμενων ερευνών εμφανίζουν υψηλή συσχέτιση του αερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας με την απόδοση κατά τον αγώνα, είτε σε πραγματικές συνθήκες είτε σε εξομοιωμένες προσπάθειες (Cosgrave, Wilson & Watt, 1999; Perkins & Pivarnik, 2003; Riechman, Zoeller, Balasekaram, Goss & Rodertson, 2002). Αντικρουόμενα εμφανίζονται τα υπάρχοντα δεδομένα όσον αφορά το ακριβές ποσοστό συμμετοχής του αερόβιου μεταβολισμού και κατ' επέκταση του αναερόβιου (Mäestu et al., 2005). Σε έρευνες που χρησιμοποιήσαν εξομοιωμένες συνθήκες οι τιμές που αναφέρθηκαν για τη συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού κυμαινόνταν από 67 έως 86% (Hagerman et al., 1978; Messonnier et al., 1997; Mickelson & Hagerman, 1982; Roth et al., 1983; Russell et al., 1998).

Η παρούσα εργασία συμφωνεί με τα αποτελέσματα της έρευνας του Messonnier και των συνεργατών του (1997) καθώς και με αυτή του Secher και των συνεργατών του (1982) όπου φανερώνουν ότι η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού κατά τη διάρκεια ενός εξομοιωμένου αγώνα αγγίζει το 86%. Αντίθετα, φαίνεται να είναι τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών στις οποίες το ποσοστό συμ-

μετοχής του αερόβιου μεταβολισμού δεν ξεπερνά 70% (Hagerman et al. 1978; Roth et al., 1983). Από την άλλη εργασίες που προσπάθησαν να εμφανίσουν τυχόν συσχέτιση μέγιστων δοκιμασιών είτε μικρότερης απόστασης είτε μικρότερου χρόνου από τις αγωνιστικές συνθήκες φανέρωσαν μια ξεκάθαρη υπεροχή του αναερόβιου μεταβολισμού έναντι του αερόβιου (Ingham et al, 2002; Womack et al., 1996).

Ακόμη και σήμερα δεν υπάρχουν επαρκή ερευνητικά δεδομένα σχετικά με το αν οι δυο κύριοι μηχανισμοί παραγωγής ενέργειας συμμετέχουν στο ίδιο ποσοστό κατά τον εξομοιωμένο αγώνα αθλητριών κωπηλασίας. Πιθανόν στις γυναίκες η συμμετοχή του αναερόβιου μηχανισμού να είναι

ακόμη μικρότερη λόγω του ότι οι αγωνιστικοί χρόνοι των γυναικών υπολείπονται αυτούς των ανδρών κατά 10% (Yoshiga & Higuchi, 2003).

Συμπερασματικά, η υπεροχή του αερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός αγώνα κωπηλασίας είναι ξεκάθαρη. Αυτό ενισχύεται και από την υψηλή συσχέτιση (0.90) που εμφανίζει η VO_{2max} με την απόδοση των κωπηλατών όπως αυτή εκφράζεται από τη σειρά κατάταξης σε παγκόσμιο επίπεδο (Mäestu et al., 2005). Προκειμένου λοιπόν να μεγιστοποιηθεί η απόδοση των αθλητών κωπηλασίας είναι σαφές ότι και τα προπονητικά προγράμματα θα πρέπει να είναι πλήρως προσαρμοσμένα στις ενεργειακές απαιτήσεις του αθλήματος.

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για το σχεδιασμό της προπόνησης στο άθλημα της κωπηλασίας. Καθώς το ποσοστό συμμετοχής του αερόβιου μηχανισμού κατά την αγωνιστική προσπάθεια των 2000m είναι πολύ υψηλό, ιδιαίτερα κατά το μέσο του αγώνα (500 - 1500m), θα πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλα προπονητικά προγράμματα, προκειμένου να επιτευχθεί η μεγιστοποίηση της απόδοσης.

Βιβλιογραφία

- Basset, D.R. & Howely, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 70-84.
- Cosgrave, M., Wilson, J., & Watt, D. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by 2000m ergometer test. *Journal of Sports Science*, 17, 845-852.
- Hagerman, F.C., Connors, M.C., Gault, J.A., Hagerman, G.R., & Polinski, W.H. (1978). Energy expenditure during stimulated rowing. *Journal of Applied Physiology*, 45, 87-93.
- Ingham, S.A., Whyte, G.P., Jones, K., & Nevill, A.M. (2002). Determinants of 2000m rowing ergometer performance in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 243-246.
- Jensen, K. (1994). Test procedures for rowing. *Fisa Coach*, 5, 1-6.
- Jürimäe, J., Mäestu, J., Jürimäe, T. (2000). Prediction of rowing performance on single sculls from metabolic and anthropometric variables. *Journal of Human Movements Studies*, 38, 123-136.
- Jürimäe, J., Mäestu, J., Jürimäe, T., Pihl, E. (1999). Relationship between rowing performance and different metabolic parameters in male rowers. *Medicine and Sport (Roma)*, 52, 119-126.
- Larsson, L. & Forsberg, A. (1980). Morphological muscle characteristics in rowers. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 54, 239-244.
- Liljestrand, G. & Lindhard, J. (1920). Zur Physiologie des Ruderns. *Skandinaviches Archiv für Physiologie*, 39, 215-235.
- Mäestu, J., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine*, 35(7), 597-617.
- Messonnier, L., Freund, H., Boudin, M., Belli, A., & Lacour, J.R. (1997). Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 396-401.
- Mickelson, T.C. & Hagerman, F.C. (1982). Anaerobic threshold measurements of elite oarsmen. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 440-444.
- Perkins, C.D. & Pivarnik, J.M. (2003). Physiological profiles and performance predictors of a womens' NCAA rowing team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 173-176.
- Riechman, S.E., Zoeller, R.F., Balasekaram, G., Goss, F.L., & Rodertson, R.J. (2002). Prediction of 2000m idoor rowing performance using a 30s sprint and maximal oxygen uptake. *Journal of Sport Science*, 20, 681-687.
- Roth, W., Hasart, E., & Wolf, W. (1983). Untersuchungen zur Dynamic der Energiebereitstellung während maximaler Mittelzeitausdauerbelastung. *Medicine and Sports*, 23, 107-114.
- Russell, A.P., le Rossignol, P.F., & Sparrow, W.A. (1998). Prediction of elite schoolboy 2000m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *Journal of Sport Science*, 16, 749-754.

Secher, N.H., Vaage, & O., Jackson, R. (1982). Rowing performance and maximal aerobic power of oarsmen. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 4, 9-11.

Steinacker, J.M. (1993). Physiological aspects of rowing. *International Journal of Sport Medicine*, 1, 3-10.

Womack, C.J., Davis, S.E., & Wool, C.M. (1996). Effects of training on physiological correlates

of rowing ergometry performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 234-238.

Yoshiga, C.C. & Higuchi, M. (2003). Rowing performance of female and male rowers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science on Sports*, 13, 317-321.

Κλεισούρας, Β. (2004). *Εργοφυσιολογία*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη.

