

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΝΕΑΡΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΩΝ
ΣΕ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

Του
Αναστάσιου Καλλιτσάρη

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα
για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης
του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος
«Άσκηση και Ποιότητα Ζωής»
των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας
στην κατεύθυνση Μεγιστοποίηση Αθλητικής Επίδοσης ή Απόδοσης

2010

Κομοτηνή

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

2^{ος} Επιβλέπων: Αντωνίου Παναγιώτης, Επίκ. Καθηγητής

3^{ος} Επιβλέπων: Γούργουλης Βασίλειος, Αναπλ. Καθηγητής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 10041/1
Ημερ. Εισ.: 17/02/2012
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
797.21
ΚΑΛ



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναστάσιος Καλλιτσάρης: Επίδραση διαφορετικών μεθόδων ενεργητικής και παθητικής αποκατάστασης στην απόδοση νεαρών κολυμβητών σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης.
(Κάτω από την επίβλεψη του κ. Σάββα Τοκμακίδη, Καθηγητή)

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση διαφορετικών μεθόδων ενεργητικής και της παθητικής αποκατάστασης στην απόδοση νεαρών κολυμβητών σε προσπάθειες μέγιστης έντασης. Δώδεκα προπονημένοι κολυμβητές και κολυμβήτριες ηλικίας 12.2 ± 1.0 ετών, εκτέλεσαν οκτώ προσπάθειες 25m με μέγιστη ένταση και ενδιάμεσο διάλειμμα 50sec. Έξι λεπτά αργότερα οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν δύο προσπάθειες 50m με μέγιστη ένταση και διάλειμμα ανάμεσα στις προσπάθειες έξι λεπτά. Στη διάρκεια όλων των διαλειμμάτων και σε τρεις διαφορετικές δοκιμασίες οι κολυμβητές παρέμειναν αδρανείς (ΠΑΘ) ή κολύπησαν με ένταση 50% της ταχύτητας των 100m χρησιμοποιώντας ενεργητική ελεύθερη κολύμβηση (ENE) ή ενεργητική ύπτια κολύμβηση (ENY). Η συγκέντρωση γαλακτικού προσδιορίστηκε φωτομετρικά σε δείγμα αίματος που ελήφθη από το δάχτυλο. Η απόδοση στην απόσταση των 25m ήταν καλύτερη στην ΠΑΘ συγκριτικά με την ENE και ENY δοκιμασίες (ΠΑΘ: 15.83 ± 0.87 , ENY: 16.12 ± 1.0 , ENE: $16.21 \pm 0.86s$, $p < .05$). Δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ των δοκιμασιών στην απόδοση στις προσπάθειες των 50m ($p > .05$). Η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν αυξημένη στην ΠΑΘ συγκριτικά με την ENE και την ENY δοκιμασίες ($p < .05$). Συμπερασματικά, η ενεργητική αποκατάσταση μπορεί να εφαρμόζεται ανάμεσα σε προσπάθειες 50m όταν το διάλειμμα αποκατάστασης είναι μεγάλο (π.χ. 6 λεπτά) και πρέπει να αποφεύγεται όταν χρησιμοποιούνται μικρά διαλείμματα (π.χ. 50sec) σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες 25m που εκτελούνται με μέγιστη ένταση.

Λέξεις κλειδιά: γαλακτικό, αναπνοή, συχνότητα χεριάς

ABSTRACT

Anastasios Kallitsaris : Effect of different active and passive recovery modes on young swimmers performance during repeated sprints of maximal effort.
(Under the supervision of Savvas Tokmakidis, Professor)

The purpose of the study was to examine the effect of different active and passive recovery modes on young swimmers performance during repeated sprints. Twelve well-trained young swimmers (12.2 ± 1.0 yrs), performed eight 25m sprints with 50s rest and 6 min later two 50m sprints with 6 min rest between each repetition. During the resting period, swimmers remained passive (PAS) or applied active recovery, swimming at 50% of the 100m speed, using either freestyle (FRE) or backstroke style (BAC). Blood lactate was measured from finger blood samples taken before and after the 25m as well as before and after the 50m repetitions. Performance on the 25m sprints was better after passive compared to freestyle and backstroke active recovery (PAS: 15.83 ± 0.87 sec, BAC: 16.12 ± 1.0 sec, FRE: 16.21 ± 0.86 sec, $p < .05$). Both of the 50m sprint time was not affected by the different modes of recovery ($p > .05$). Blood lactate concentration was higher in PAS compared to FRE and BAC trials (PAS: 7.81 ± 0.82 mmol/l, FRE: 6.02 ± 0.6 mmol/l, BAC: 6.7 ± 1.05 mmol/l, $p < .05$). Active recovery may be applied when a long duration resting interval (i.e. 6 min) is applied between 50 m sprints, but not when a short duration resting interval (i.e. 50s) is applied between 25 m repeated sprints.

Key words: *blood lactate, breathing, stroke frequency*

Στους γονείς μου,
στον αδερφό μου,
στη γυναίκα μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Λένε πως η ζωή είναι μια βόλτα. Η δική μου ουσιαστικά ξεκίνησε πριν από 24 χρόνια στο κολυμβητήριο της πόλης όπου μεγάλωσα, της Αλεξανδρούπολης. Μετά από δική μου επιθυμία οι γονείς μου με πήγαν στο κολυμβητήριο. Δεν χρειάστηκε πολύ για να λατρέψω το άθλημα της κολύμβησης για το οποίο από ένα σημείο και έπειτα ζούσα και ανέπνεα. Τα χρόνια περνούσαν και η αγάπη μου για την κολύμβηση μεγάλωνε και διευρυνόταν και σε άλλους ορίζοντες. Από την πρώτη κιόλας τάξη του Λυκείου είχα κατασταλάξει στο ότι οποιαδήποτε επαγγελματική ενασχόληση δεν αφορούσε τον αθλητισμό και συγκεκριμένα την κολύμβηση δε θα με ενέπνεε. Πρώτος σταθμός λοιπόν υπήρξε η είσοδος στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού της Θεσσαλονίκης και μετά τέσσερα χρόνια το πτυχίο. Συνέχεια είχε το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στην Κομοτηνή.

Με την ολοκλήρωση της διατριβής μου, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που με παρότρυναν, με ενίσχυσαν, με συμβούλευσαν, με βοήθησαν με κάθε τρόπο και κυρίως με ανέχτηκαν ώστε να φέρω τη διατριβή μου σε πέρας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

- ❖ τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Σάββα Τοκμακίδη,
- ❖ τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής κ. Παναγιώτη Αντωνίου, και κ. Βασίλη Γούργουλη.
- ❖ το συνάδελφο, προπονητή, μα πάνω από όλα φίλο μου κ. Αργύρη Τουμπέκη για τις πολύτιμες υποδείξεις και παρατηρήσεις του, για την αμέριστη συμπαράσταση και κυρίως την υπομονή του στην υλοποίηση της εργασίας αυτής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον άνθρωπο που με μύησε στον αθλητισμό και την κολύμβηση, στον προπονητή μου και νυν συνεργάτη μου στο σύλλογό μας Ο.Φ.Θ. Αλεξανδρούπολης, κ. Γιώργο Τυλιγαδά, για τη συμμετοχή του, την προθυμία του και πάνω απ' όλα για την αστείρευτη ενέργειά του σε κάθε στιγμή της ζωής του.

Τέλος αυτά που νιώθω και πιστεύω για την οικογένειά μου δεν περιγράφονται με λέξεις σε μια κόλλα χαρτί! Από τα βάθη της καρδιάς μου τους ευχαριστώ που με το δικό τους ξεχωριστό τρόπο με βοηθούν όλα αυτά τα χρόνια!

Τους οφείλω τα πάντα...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Προσδιορισμός του προβλήματος.....	4
Σκοπός της έρευνας.....	4
Υποθέσεις της έρευνας.....	5
Όρια και περιορισμοί της έρευνας.....	6
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	7
Προπόνηση στην Κολύμβηση.....	7
Προπόνηση στην Παιδική Ηλικία.....	10
Ενεργειακά Συστήματα στην Κολύμβηση.....	13
Παράγοντες κόπωσης στην αγωνιστική κολύμβηση.....	15
Περιοριστικοί παράγοντες της απόδοσης στην προπόνηση.....	16
Απομάκρυνση γαλακτικού από το αίμα με την ενεργητική αποκατάσταση.....	17
Διάρκεια αποκατάστασης και απόδοση.....	18
Ενεργητική αποκατάσταση και απόδοση.....	18
Αποκατάσταση στην προπόνηση.....	21
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	24
Συμμετέχοντες.....	24
Μέσα συλλογής δεδομένων.....	24
Διαδικασία συλλογής των δεδομένων.....	26
Στατιστική ανάλυση.....	29
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	30
Επιδόσεις στις επαναλήψεις 25m.....	31
Αριθμός αναπνοών στις επαναλήψεις 25m.....	32
Συχνότητα χεριών στις επαναλήψεις 25m.....	33
Αριθμός χεριών στις επαναλήψεις 25m.....	34
Απόδοση στις επαναλήψεις 50m.....	35
Συχνότητα χεριών στις επαναλήψεις 50m.....	35
Αριθμός χεριών στις επαναλήψεις 50m.....	36
Συγκέντρωση γαλακτικού στη διάρκεια των δοκιμασιών.....	36
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	38
Απόδοση στην απόσταση των 25m.....	38
Απόδοση στην απόσταση των 50m.....	40
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	42

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στην παραγωγή ενέργειας στις αποστάσεις της κολύμβησης σύμφωνα με τη διάρκεια της προσπάθειας (Maglisco, 2003; Viru & Viru, 2001).	13
Πίνακας 2. Συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στην παραγωγή ενέργειας στις αποστάσεις της κολύμβησης σύμφωνα με το είδος της προπόνησης (Maglisco, 2003; Viru & Viru, 2001).	14
Πίνακας 3. Έρευνες που μελέτησαν την επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης στην απόδοση.....	23

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1:** Ηλεκτρονικό σύστημα χρονομέτρησης (TanCo sports timing). Η τερματική συσκευή μεταφοράς και καταγραφής-εκτύπωσης των δεδομένων της χρονομέτρησης (Αριστερά). Η ηλεκτρονική πλάκα η οποία περιλαμβάνεται στο κύκλωμα που ενεργοποιείται με το άγγιγμα του κολυμβητή (Δεξιά).24
- Εικόνα 2:** Το τηλεμετρικό σύστημα καταγραφής της καρδιακής συχνότητας και ο τρόπος εφαρμογής του στους κολυμβητές (Polar S610i, Polar Electro, Kampele, Finland).....25
- Εικόνα 3:** Ηλεκτρονικό χρονόμετρο χειρός (Ultrak 495).....25
- Εικόνα 4:** Τρύπημα της ρόγας του δακτύλου με ειδική βελόνα (Αριστερά). Συλλογή δείγματος αίματος από το δάκτυλο και τοποθέτησή του πάνω σε ειδική ταινία (Δεξιά).28
- Εικόνα 5:** Η συσκευή ανάλυσης των δειγμάτων αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού (μικροφωτόμετρο Accutrend Lactate). Αριστερά φαίνεται η τιμή γαλακτικού (19.9 mmol/L) μετά από μια δοκιμασία ενώ δεξιά φαίνεται η ειδική βελόνα καθώς και οι ταινίες πάνω στις οποίες τοποθετείται το αίμα για τον προσδιορισμό του γαλακτικού.....29

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Συγκέντρωση γαλακτικού στη διάρκεια κολύμβησης 400 μέτρων στο 50% της μέγιστης έντασης πριν την έναρξη των δοκιμασιών.....	30
Σχήμα 2: Μ.Ο. επίδοσης στις επαναλήψεις των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης συγκριτικά με την ENY και ENE δοκιμασίες.....	31
Σχήμα 3: Επίδοση στις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια 25m.....	31
Σχήμα 4: Ο αριθμός των αναπνοών στις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης.....	32
Σχήμα 5: Ο αριθμός των αναπνοών σε κάθε μία από τις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης.....	32
Σχήμα 6: Η μέση συχνότητα χεριών (κύκλοι χεριάς ανά λεπτό) στις επαναλήψεις των 25 μέτρων στα 3 είδη αποκατάστασης συγκριτικά με την ENE δοκιμασία.	33
Σχήμα 7: Συχνότητα χεριάς (κύκλος χεριάς ανά λεπτό) στις επαναλήψεις των 25 μέτρων στα 3 είδη αποκατάστασης συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια.	33
Σχήμα 8: Μ.Ο. χεριών στις 8 προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης.....	34
Σχήμα 9: Αριθμός χεριών στις 8 προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης.....	34
Σχήμα 10: Επίδοση στις δύο επαναλήψεις των 50 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης.....	35
Σχήμα 11: Αναπνοές στις προσπάθειες των 2 x 50 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης.....	35



- Σχήμα 12:** Η μέση συχνότητα χεριών (χεριές ανά λεπτό) στις επαναλήψεις των 2 x 50 μέτρων στα 3 είδη αποκατάστασης..... 36
- Σχήμα 13:** Ο μέσος όρος του αριθμού κινήσεων χεριών στις προσπάθειες των 50 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης..... 36
- Σχήμα 14:** Συγκέντρωση γαλακτικού στη διάρκεια των τριών δοκιμασιών με την προηγούμενη αιμοληψία. 37

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΝΕΑΡΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΩΝ
ΣΕ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ**

Καθημερινά, βρισκόμαστε σε κίνηση. Οτιδήποτε θέλουμε να κάνουμε απαιτεί μία σωματική προσπάθεια, άλλοτε εύκολη και άλλοτε δύσκολη. Ακόμη και στις καθημερινές μας κινήσεις, πολλές φορές νοιώθουμε την κόπωση και την επιθυμία να διακόψουμε την προσπάθεια επειδή δεν μπορούμε να συνεχίσουμε. Στον αθλητισμό, αυτό είναι το όριο που πρέπει να ξεπεράσει ο αθλητής για να πετύχει καλύτερες επιδόσεις.

Η άσκηση σε πολύ υψηλή ένταση δημιουργεί συμπτώματα κόπωσης που καθιστούν τη συνέχιση της δραστηριότητας αδύνατη και την επαναφορά μετά από την προσπάθεια στο προηγούμενο επίπεδο δύσκολη και χρονοβόρα. Είναι πλέον γνωστό ότι πολλοί παράγοντες όπως η μειωμένη νευρομυϊκή λειτουργία, η υψηλή συγκέντρωση κάποιων μεταβολιτών και ηλεκτρολυτών αλλά και η καταστροφή μυϊκού ιστού αποτελούν αιτίες της μυϊκής κόπωσης. Οι επιστήμονες πραγματοποιούσαν ανέκαθεν αναλύσεις για να ανακαλύψουν παράγοντες που προκαλούν κόπωση σε ασκούμενους και αθλητές. Μετά από πολλά χρόνια ερευνών γύρω από το θέμα της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέως στους μύες και τον μυϊκό κάματο που αυτή φερόταν ότι προκαλεί, οι ερευνητές προσανατολίστηκαν στα ιόντα υδρογόνου (H^+) που συνοδεύουν την παραγωγή του γαλακτικού οξέως. Προσπάθησαν, δε, να ανακαλύψουν τους τρόπους αποκατάστασης με τους οποίους αυτά θα απομακρυνθούν στο μεγαλύτερο βαθμό και με τον ταχύτερο ρυθμό παρά το γεγονός ότι πρόσφατα άρχισε να αμφισβητείται η αποκλειστικά «κακή» επίδρασή τους στο μηχανισμό παραγωγής της κίνησης (Cairns, 2006).

Συγκεκριμένα, από νωρίς διατυπώθηκε η θεωρία ότι σε σχέση με την παθητική ξεκούραση, η ενεργητική αποκατάσταση συνεισέφερε περισσότερο στην αναπλήρωση των δυνάμεων και την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών από τα κύτταρα. Στην αρχή η έρευνα αφορούσε το γαλακτικό οξύ (Bangsbo, Graham, Johansen & Saltin, 1994; Belcastro & Bonen 1975; Stamford, Weltman,

Moffatt & Sady, 1981; Dodd, Powers, Callender, & Brooks, 1984; Gisolfi, Robinson, & Turrell, 1966; Hermansen & Stensvold, 1972; Peters, Noakes, Raine & Terblanche, 1987), ενώ στη συνέχεια η προσοχή στράφηκε στα ιόντα υδρογόνου (H^+) (Peters et al., 1987) καθώς το γαλακτικό «απενοχοποιήθηκε» ως αιτία του μυϊκού κόπωσης.

Η μεγαλύτερη ροή αίματος που παρατηρείται κατά την ενεργητική αποκατάσταση (Bangsbo et al., 1994) φέρεται να απομακρύνει τις εν λόγω ουσίες, επιφέροντας και την αποκατάσταση του οργανισμού, ενώ παράλληλα φέρνει περισσότερο οξυγόνο στα κύτταρα τροφοδοτώντας το μηχανισμό αναπλήρωσης της φωσφοκρεατίνης (PCr) (Bogdanis, Nevill, Lakomy, Graham, & Louis, 1996; Bogdanis, Nevill, Boobis, Lakomy, & Nevill, 1995; Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks 1993). Ως αποτέλεσμα, παρατηρείται βελτίωση της απόδοσης σε επαναλαμβανόμενες σειρές άσκησης υψηλής έντασης όταν χρησιμοποιείται ενεργητική αποκατάσταση και όχι παθητική (Bogdanis et al., 1996a; Dorado, Sanchis-Moysi, & Calbet, 2004; Signorile, Ingalls, & Tremblay, 1993; Spierer, Goldsmith, Baran, Hryniewicz, & Katz, 2004). Παρόλα ταύτα, πρόσφατα επιβεβαιώθηκε ότι όταν το διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων είναι πολύ μικρό (<45sec) δεν παρατηρείται η ίδια βελτίωση (Thevenet, Tardieu-Berger, Berthoin, & Prioux, 2007; Toubekis, Smilios, Bogdanis, Mavridis, & Tokmakidis, 2006). Έτσι, οι ερευνητές δεν έχουν καταλήξει στην κατάλληλη ένταση και διάρκεια της δραστηριότητας κατά την περίοδο αποκατάστασης που θα επιφέρει και τη μέγιστη απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος και των ιόντων υδρογόνου (H^+).

Μετά από έρευνα σε πολύ καλά προπονημένους δρομείς, οι Hermansen και Stensvold (1972) είχαν βρει ότι η κατάλληλη ένταση αποκατάστασης για την επίτευξη του υψηλότερου ρυθμού απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από το αίμα ήταν εκείνη στο 63% περίπου της VO_2max , αφού μελετήθηκαν εντάσεις από το 30-80%. Πολύ χαμηλότερη ήταν η ένταση αποκατάστασης στην οποία κατέληξαν αργότερα οι Belcastro και Bonen (1975) μελετώντας όχι αθλητές αλλά αρκετά ενεργούς ασκούμενους. Κατέληξαν στο 30 με 45% της VO_2max , ένταση με την οποία παρατηρήθηκε η μέγιστη απομάκρυνση γαλακτικού οξέος μετά από υπομέγιστη προσπάθεια στο ποδήλατο διάρκειας 6 λεπτών. Στη συνέχεια, οι Stamford και συν. (1981) είχαν προτείνει μέτρια προς υψηλή ένταση (70% της VO_2max) για το ξεκίνημα της αποκατάστασης και χαμηλότερη ένταση στη συνέχεια (40% της VO_2max). Κατόπιν όμως, αποδείχθηκε ότι δεν υπήρχαν διαφορές ακόμη

και με τη χρήση μόνης της χαμηλής έντασης, όταν το πρωτόκολλο περιλάμβανε προπονημένους και δοκιμασία ποδηλάτου 50sec (Dodd et al., 1984).

Έτσι, δεν μπορούσε να βρεθεί μία λύση στο πρόβλημα καθώς διάφορες εντάσεις αποκατάστασης φαίνονταν κατάλληλες σε κάποιες έρευνες και ακατάλληλες σε άλλες. Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν αργότερα, έγινε κατανοητό ότι δεν ήταν δυνατό να συγκριθούν τα αποτελέσματα διαφορετικών ερευνών όταν εκείνες περιλάμβαναν άτομα δοκιμαζόμενα στο ίδιο επίπεδο VO_2max , διαφορετικής όμως φυσικής κατάστασης, όπως αυτή απεικονίζεται στο αναερόβιο κατώφλι, αφού οι λιγότερο προπονημένοι θα παρήγαγαν περισσότερο γαλακτικό οξύ από τους πιο προπονημένους στο ίδιο επίπεδο έντασης, όπως αυτό απεικονίζεται στη VO_2max (Baldari, Videira, Madeira, Sergio, & Guidetti, 2004; Meyer, Gabriel, & Kindermann, 1999).

Αυτό είχε γίνει εμφανές παλαιότερα, όταν οι McLellan και Skinner (1982) πραγματοποίησαν σύγκριση μεταξύ της χρήσης του Αναπνευστικού Κατωφλιού (AT, Ventilatory Threshold, VT) ή της VO_2max για να ομογενοποιήσουν την ένταση της άσκησης κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης που επιφέρει την καλύτερη απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος. Το AT φάνηκε να εξομαλύνει σε μεγαλύτερο βαθμό τις ατομικές διαφορές όσον αφορά στο ρυθμό απομάκρυνσης του γαλακτικού σε σχέση με τη VO_2max . Επίσης είχαν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η καλύτερη ένταση για την απομάκρυνσή του ήταν γύρω στο 10% κάτω από το ΑΚ. Ομοίως, οι Baldari και συν. (2004) επιβεβαίωσαν ότι η καλύτερη ένταση για την απομάκρυνση του γαλακτικού ήταν κάτω ή ακριβώς στο ΑΚ, αφού πάνω από αυτό το σημείο η περαιτέρω παραγωγή γαλακτικού θα υπονομεύει την απομάκρυνση του παλαιού.

Η έρευνα σχετικά με την ένταση της αποκατάστασης με στόχο την απομάκρυνση του γαλακτικού είχε περιοριστεί στη χρήση μίας μόνο προσπάθειας σε υψηλή ένταση και φυσικά μίας περιόδου αποκατάστασης, συνήθως 30 λεπτών (Baldari et al. 2004; Belcastro and Bonen 1975; Dodd et al. 1984; Hermansen and Stensvold 1972; McLellan and Skinner 1982; Stamford et al. 1981). Από τα αποτελέσματα αυτών των εργασιών, όμως, δεν μπορεί να εξαχθούν συμπεράσματα και για τις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προπόνηση και τα διαλλείματα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιπτώσεις.

Όσον αφορά στην κολύμβηση, ο Maglischo (2003) είχε διατυπώσει την άποψη ότι η ενεργητική αποκατάσταση κατά τη διάρκεια των διαλλειμάτων μεταξύ επαναλαμβανόμενων προσπαθειών δύναται να επαναφέρει τον οργανισμό καλύτερα σε σχέση με παθητικής μορφής αποκατάσταση. Παρά ταύτα, πρόσφατα η άποψη αυτή αμφισβητήθηκε καθώς βρέθηκε ότι για μεγάλης διάρκειας διαλλείματα (>6min) ο τύπος της αποκατάστασης δεν επηρεάζει την απόδοση, ενώ για διαλλείματα μεταξύ 45sec και 2min μεταξύ προσπαθειών σπριντ μικρής διάρκειας η παθητική αποκατάσταση ενδείκνυται έναντι της ενεργητικής (Toubekis, Douda, & Tokmakidis, 2005).

Ο προπονητής, καλείται να πάρει αποφάσεις σχετικά με την ένταση της προσπάθειας, το χρόνο του διαλλείματος και άλλα στοιχεία της προπόνησης με βάση την αποτελεσματικότητα των μεθόδων καθώς και τη φυσική κατάσταση και την ηλικία των αθλητών.

Προσδιορισμός του προβλήματος

Η μελέτη των βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικά με τις μεθόδους αποκατάστασης στην απόδοση νεαρών κολυμβητών σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης παρουσιάζει αντικρουόμενα και ελλιπή αποτελέσματα. Πληθώρα εργασιών καταλήγουν σε αντίθετα συμπεράσματα, άλλοτε προκρίνοντας την ενεργητική και άλλοτε την παθητική αποκατάσταση ως καταλληλότερη για την επαναφορά του οργανισμού σε ετοιμότητα για πολύ υψηλής έντασης άσκηση. Δεν είναι ξεκάθαρο αν η επίδραση της αποκατάστασης αφορά αποκλειστικά το μηχανισμό απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέως ή τη συνολική ετοιμότητα του οργανισμού. Επίσης, δεν υπάρχει ένδειξη για διαφορές όταν τα πρωτόκολλα αποκατάστασης εφαρμόζονται σε έφηβους ή παιδιά. Τέλος, δεν υπάρχει αναφορά στο αν θα έπρεπε να προτιμηθεί ενεργητική αποκατάσταση με ύπτιο έναντι του ελεύθερου στυλ κολύμβησης.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης με ελεύθερο ή ύπτιο είδος κολύμβησης σε σύγκριση με την παθητική αποκατάσταση στην απόδοση καλά προπονημένων νεαρών κολυμβητών, σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης, παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις προπονήσεις .

Υποθέσεις της έρευνας

Ερευνητικές υποθέσεις

Η επίδοση των κολυμβητών θα είναι βελτιωμένη στις δοκιμασίες που θα χρησιμοποιηθεί ενεργητική έναντι της παθητικής αποκατάστασης.

Η επίδοση των κολυμβητών θα μειωθεί στη διάρκεια των επαναλήψεων 25 και 50 μέτρων ανεξάρτητα από τον τύπο αποκατάστασης

Η επίδοση των αθλητών θα είναι βελτιωμένη όταν χρησιμοποιηθεί ύπτιο στυλ κολύμβησης έναντι του ελευθέρου.

Η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέως θα είναι ταχύτερη όταν χρησιμοποιηθεί ενεργητική αποκατάσταση έναντι της παθητικής.

Η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέως θα είναι ταχύτερη όταν χρησιμοποιηθεί ύπτιο στυλ κολύμβησης έναντι του ελευθέρου.

Μηδενικές υποθέσεις

Η επίδοση των αθλητών δε θα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δοκιμασιών που θα χρησιμοποιηθεί ενεργητική αποκατάσταση έναντι της παθητικής.

Η επίδοση των αθλητών δεν θα μεταβληθεί στις επαναλήψεις των 25 και 50 μέτρων ανεξάρτητα από τη μορφή αποκατάστασης.

Δεν θα παρατηρηθεί αλληλεπίδραση μεταξύ του τρόπου αποκατάστασης και της επίδοσης στις επαναλήψεις 25 και 50 μέτρων

Η απομάκρυνση του γαλακτικού από το αίμα δε θα διαφέρει στατιστικά όταν χρησιμοποιηθεί ενεργητική αποκατάσταση έναντι της παθητικής.

Η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέως δεν θα μεταβληθεί στη διάρκεια των επαναλήψεων 25 και 50 μέτρων ανεξάρτητα από τον τρόπο αποκατάστασης

Δεν θα παρατηρηθεί αλληλεπίδραση μεταξύ της απομάκρυνσης γαλακτικού στις δοκιμασίες και τις επαναλήψεις των 25 και 50 μέτρων.

Εναλλακτικές υποθέσεις

Η επίδοση των αθλητών θα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δοκιμασιών που θα χρησιμοποιηθεί ενεργητική αποκατάσταση έναντι της παθητικής.

Η επίδοση των αθλητών θα μεταβληθεί στις επαναλήψεις των 25 και 50 μέτρων ανεξάρτητα από τη μορφή αποκατάστασης.

Θα υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ του τρόπου αποκατάστασης και της επίδοσης στις επαναλήψεις 25 και 50 μέτρων

Η απομάκρυνση του γαλακτικού από το αίμα θα διαφέρει στατιστικά όταν χρησιμοποιηθεί ενεργητική αποκατάσταση έναντι της παθητικής.

Η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέως θα μεταβληθεί στη διάρκεια των επαναλήψεων 25 και 50 μέτρων ανεξάρτητα από τον τρόπο αποκατάστασης

Θα υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ της απομάκρυνσης γαλακτικού στις δοκιμασίες και τις επαναλήψεις των 25 και 50 μέτρων.

Όρια και περιορισμοί της έρευνας

Η ερμηνεία και γενίκευση των ευρημάτων της παρούσας μελέτης οριοθετείται από:

Την ηλικία των συμμετεχόντων κολυμβητών

Τον αριθμό επαναλήψεων σε 25 και 50 μέτρα

Το διάλειμμα αποκατάστασης μεταξύ των προσπαθειών

Την ένταση στην κολύμβηση αποκατάστασης

Το φύλο των κολυμβητών-τριών

Τις διαστάσεις του κολυμβητηρίου

Την αγωνιστική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μελέτη

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στην προπόνηση για τη βελτίωση της ταχύτητας των κολυμβητών περιλαμβάνονται επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης. Σκοπός των κολυμβητών σε αυτές τις προσπάθειες είναι η διατήρηση της μέγιστης ταχύτητας κολύμβησης σε κάθε επανάληψη (Maglischo 2003), χωρίς όμως κάτι τέτοιο να είναι πάντα εφικτό (Peyrebrune, Nevill, Donaldson, & Cosford, 1998). Η ανικανότητα των κολυμβητών να διατηρήσουν αυτή τη μέγιστη ταχύτητα σε κάθε προσπάθεια αποδίδεται στην κόπωση και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού στους μύες, τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου και τα χαμηλά επίπεδα φωσφοκρεατίνης (Bogdanis et al., 1995). Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η εξέταση τρόπων που θα επιταχύνουν τη διαδικασία της αποκατάστασης της απόδοσης. Ένας τρόπος που είναι πιθανό να βοηθά στην ταχύτερη αποκατάσταση της απόδοσης είναι η ενεργητική αποκατάσταση.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανασκόπηση μελετών που έχουν εξετάσει την επίδραση της ενεργητικής σε σύγκριση με την παθητική αποκατάσταση τόσο στην απόδοση αθλητών αλλά και συγκεκριμένα νεαρών κολυμβητών όσο και στην επίδρασή της σε μεταβολίτες όπως είναι το γαλακτικό. Η διαδικασία της αποκατάστασης εξετάζεται σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης.

Προπόνηση στην Κολύμβηση

Η προπόνηση στην κολύμβηση προγραμματίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε όλα τα ενεργειακά συστήματα που μετέχουν στα αγωνίσματα των κολυμβητών να ενεργοποιούνται σε μέγιστο βαθμό. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή ενέργειας για τον αγώνα και να περιοριστεί η κόπωση του κολυμβητή στον αγώνα και στην προπόνηση. Η καθημερινή προπόνηση μπορεί να περιλαμβάνει τόσο σετ για τη βελτίωση της αντοχής όσο και σετ με προσπάθειες μέγιστης έντασης (ταχύτητας). Στις χαμηλές εντάσεις η περισσότερη ενέργεια παράγεται μέσω του μεταβολισμού των λιπιδίων. Η φωσφοκρεατίνη, το μυϊκό γλυκογόνο, η γλυκόζη παρέχουν ενέργεια αλλά σε μικρότερες ποσότητες. Όταν οι κολυμβητές αυξήσουν την ταχύτητά τους στο 70% με 85% της μέγιστης έντασής

(ανάλογα με τον αθλητή), η συμμετοχή του μυϊκού γλυκογόνου αυξάνεται για την παραγωγή ενέργειας. Μετά από 5 μήνες προπόνησης του συστήματος ATP-CP έχει παρατηρηθεί αύξηση στην αποθήκευση τόσο της ATP όσο και της CP 18% με 35% (MacDougall, Ward & Sutton, 1977). Η προπόνηση του αναερόβιου μεταβολισμού εμφανίζει αύξηση τόσο στην ποσότητα όσο και στην ενεργητικότητα πολλών ενζύμων της αναερόβιας γλυκόλυσης (Costill, Fink, & Pollock, 1976). Με τις μεταβολικές προσαρμογές που προκαλούνται με την προπόνηση και βελτιώνουν την απόδοση των κολυμβητών, η κόπωση μπορεί να περιοριστεί.

Στο σημείο αυτό προκύπτει το δίλημμα στους κολυμβητές ταχύτητας για το πως πρέπει να κατανέμουν την προπόνηση αντοχής και ταχύτητας για να βελτιώσουν την απόδοσή τους. Στο παρελθόν οι Cunningham και Faulkner (1969) καθώς και οι Karlsson και Ollander (1972) αναφέρουν πως είναι πιθανόν να υπάρξει βελτίωση της απόδοσης μεγιστοποιώντας μόνο τον αναερόβιο μεταβολισμό. Ο Olbrecht (2000) αναφέρει πως κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει μόνο σε μεγάλους και πολύ ώριμους κολυμβητές και μόνο για ένα με δύο χρόνια εξειδικευμένης προπόνησης. Το είδος της προπόνησης είναι αυτό το οποίο καθορίζει το πόσο γρήγορα θα προκληθεί η κόπωση του κολυμβητή. Παρακάτω θα αναλυθούν τα είδη προπόνησης και το επίπεδο κόπωσης που προκαλούν στον κολυμβητή. Σύμφωνα με τον Maglischo (2003) υπάρχουν τρεις μέθοδοι προπόνησης για τη βελτίωση της αερόβιας αντοχής.

Αερόβια Προπόνηση Διατήρησης. Ο ρυθμός αυτός είναι μια αργή ταχύτητα που χρησιμοποιείται για να συντηρήσουμε την αντοχή. Αυτή η προπόνηση χρησιμοποιείται όταν οι αθλητές είναι πολύ κουρασμένοι και είναι απαραίτητο να αναπληρώσουν τα ενεργειακά τους αποθέματα. Σε αυτή τη μορφή προπόνησης δεν εμφανίζεται κόπωση.

Αναπτυξιακή Αερόβια Προπόνηση. Η μέθοδος προπόνησης αυτή αντιστοιχεί σε ταχύτητες που αυξάνουν τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα 3-4 mmol/l. Η προπόνηση σ' αυτές τις ταχύτητες προκαλεί την πιο γρήγορη και αποτελεσματική βελτίωση του αερόβιου μεταβολισμού. Η προπόνηση σ' αυτές τις εντάσεις μπορεί να διαρκέσει και 60 λεπτά χωρίς κούραση και μπορεί να αποτελεί και το 50% της καθημερινής προπόνησης.

Υπερφορτωμένη Αερόβια Προπόνηση. Αυτή η προπόνηση χρησιμοποιείται για να βελτιώσει μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου ($VO_2 \max$) Το προπονητικό πρόγραμμα θα περιλαμβάνει κολύμβηση με ταχύτητες που

αυξάνουν τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μεταξύ 5-6 mmol/l. Πρόκειται για συγκέντρωση γαλακτικού που συνήθως ξεπερνά τη συγκέντρωση που προκαλείται από την προπόνηση στο «αναερόβιο κατώφλι» του αθλητή. Είναι η προπόνηση με την οποία ο αθλητής επιθυμεί να βελτιώσει την αερόβια ικανότητά του. Ωστόσο, αυτή η μορφή προπόνησης είναι επίπονη και η διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου αυξάνεται σημαντικά θα πρέπει να χρησιμοποιείται λιγότερες φορές από τους υπόλοιπους τύπους αερόβιας προπόνησης.

Εκτός από το χρόνο που αφιερώνεται για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας, σημαντικό μέρος της προπόνησης αφιερώνεται στην προπόνηση που στοχεύει στην ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού. Σκοπός της είναι να βελτιώσει την ικανότητα του κολυμβητή να κολυμπά γρήγορα και να μπορεί να αναπτύσσει ταχύτητα εξίσου δυνατά προς το τέλος του αγώνα. Σε μερικά από τα αγωνίσματα της κολύμβησης (π.χ. 100-200 μέτρα) το γαλακτικό στους μύες έχει αυξηθεί σε τέτοια υψηλά επίπεδα, ώστε δημιουργεί αίσθηση πόνου και ελάττωση της μυϊκής δύναμης και του συντονισμού των κινήσεων. Η σημαντικό να χρησιμοποιηθούν τρόποι προπόνησης που θα περιορίσουν τη μείωση της απόδοσης που εμφανίζεται στα τελευταία μέτρα του αγώνα αλλά και σε προσπάθειες μέγιστης έντασης που εκτελούνται στην προπόνηση. Η βελτίωση της αναερόβιας γαλακτικής ικανότητας επιτυγχάνεται με δυο τρόπους. Με τον ένα τρόπο επιδιώκεται η βελτίωση των μηχανισμών εκείνων που μειώνουν την οξύτητα του ενδοκυτταρικού περιβάλλοντος που προκαλείται από την αυξημένη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (μηχανισμοί εξουδετέρωσης) και με το δεύτερο τρόπο επιδιώκεται η αύξηση της ικανότητας για μέγιστη ενεργοποίηση της αναερόβιας γλυκόλυσης και την αυξημένη παραγωγή γαλακτικού.

Εάν οι κολυμβητές μπορούν να παράγουν γαλακτικό σε μεγαλύτερες ποσότητες και συγχρόνως αυτό που παράγεται να εξουδετερώνεται πιο αποτελεσματικά, θα μπορούν να κολυμπήσουν γρηγορότερα και για μεγαλύτερη απόσταση. Έτσι λοιπόν με προπονητικούς όρους η αναερόβια προπόνηση διακρίνεται σε προπόνηση για «γαλακτική ανοχή» και σε προπόνηση για «μέγιστη παραγωγή γαλακτικού». Με την βελτίωση της ικανότητας απομάκρυνσης και εξουδετέρωσης του γαλακτικού έχουμε δύο σπουδαίες προσαρμογές. Η μία προσαρμογή αφορά τη συσσώρευση μικρής ποσότητας γαλακτικού κατά τη διάρκεια υπομέγιστων προσπαθειών και η δεύτερη αφορά υψηλές παραγόμενες

τιμές κατά τη διάρκεια μέγιστων προσπάθειών, που όμως ο οργανισμός τις ανέχεται ευκολότερα χωρίς δυσάρεστες επιπλοκές στο συντονισμό των κινήσεων.

Κατά την αναερόβια προπόνηση, το επίπεδο γαλακτικού στο αίμα κυμαίνεται μεταξύ 6-12 mmol/l και η καρδιακή συχνότητα είναι μέγιστη. Όταν χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό διάλειμμα ανάμεσα στις προσπάθειες η «αντοχή στον πόνο» βελτιώνεται κάνοντας τον κολυμβητή πιο αποφασιστικό και καρτερικό στην έντονη προσπάθεια. Η προπόνηση για μέγιστη παραγωγή γαλακτικού έχει σκοπό να αυξήσει την ικανότητα του κολυμβητή να παράγει ενέργεια από την αναερόβια γλυκόλυση ώστε να βελτιώσει την ταχύτητά του.

Σαν αποτέλεσμα ο οργανισμός αναγκάζεται να αυξήσει τα γλυκολυτικά ένζυμα που μετέχουν στην παραγωγή του γαλακτικού (κυρίως φωσφοφρουκτοκινάση και γαλακτική αφυδρογονάση) και να βελτιώσει τους μηχανισμούς εξουδετέρωσης των ιόντων υδρογόνου. Η προπόνηση αυτή είναι πολύ μεγάλης έντασης (95-100% της μέγιστης) και η περίοδος ανάπαυσης πρέπει να είναι πολύ μεγάλη ώστε να παρέχει αρκετό χρόνο στον οργανισμό να απομακρύνει το γαλακτικό και ο κολυμβητής να είναι έτοιμος για την επόμενη προσπάθεια με την ίδια ένταση.

Μια ακόμα μορφή αναερόβιας προπόνησης είναι η προπόνηση για τη βελτίωση της μέγιστης ταχύτητας και η οποία περιλαμβάνει αποστάσεις πολύ μικρές έως και 15 μέτρα περίπου, διάρκειας μόλις λίγων δευτερολέπτων. Σε όλες τις μορφές αναερόβιας προπόνησης προκαλείται κόπωση και είναι σημαντικό να εξεταστούν τρόποι που θα επιτρέψουν στον κολυμβητή να πετύχει ταχύτερη αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων ή μεταξύ των σετ. Επιταχύνοντας την αποκατάσταση θα επιτραπεί στον κολυμβητή να κολυμπήσει ταχύτερα στην προπόνηση. Όλα τα παραπάνω εφαρμόζονται στην προπόνηση των ενήλικων κολυμβητών. Ωστόσο, στην παιδική ηλικία ο σχεδιασμός της προπόνησης πρέπει να διαφοροποιείται για να ικανοποιήσει τους περιορισμούς από την ανάπτυξη και την ωρίμανση.

Προπόνηση στην Παιδική Ηλικία

Στην αγωνιστική κολύμβηση οι αθλητές αρχίζουν την καριέρα τους από πολύ μικρή ηλικία. Μέχρι σήμερα υπάρχει ένα μεγάλο κομμάτι επιστημονικής έρευνας σχετικά με το πώς αντιδρούν τα νεαρά άτομα, από φυσιολογικής άποψης στην άσκηση και γενικά στο προπονητικό έργο (Faigenbaum et. al 2009; Stager,

Robertshaw & Miescher 1984). Αν και υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις αθλητικές επιδόσεις λόγω ηλικίας όλοι οι κολυμβητές ανεξαρτήτου ηλικίας θεωρούνται ότι έχουν τις ίδιες φυσιολογικές προσαρμογές με την προπόνηση. Αυτό είναι αλήθεια μέχρι ενός σημείου καθώς μικρότερης ηλικίας κολυμβητές (<13) διαφέρουν στον τρόπο αντίδρασης στα προπονητικά ερεθίσματα, απ' ότι οι μεγαλύτερης ηλικίας κολυμβητές. Η αερόβια ικανότητα συχνά χρησιμοποιείται σαν δείκτης της ικανότητας αντοχής του ατόμου και της καρδιοαναπνευστικής του κατάστασης. Το ακριβές κατώφλι της αρχής των προπονητικών προσαρμογών στα παιδιά δεν είναι απολύτως καθορισμένο. Ο λόγος είναι ότι οι οποιοσδήποτε προπονητικές προσαρμογές εξαρτώνται από το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης των παιδιών, την ένταση των προπονητικών ερεθισμάτων, τη σωματική τους ανάπτυξη καθώς και τη βιολογική τους ηλικία.

Παρόλα ταύτα έχει αποδειχθεί ότι η αερόβια ικανότητα εκφραζόμενη σε σχετικές τιμές από την ηλικία των 8 χρονών είναι όμοια με εκείνη των ενηλίκων. Ο λόγος είναι ότι τα παιδιά έχουν μεν κατά 20% μικρότερο όγκο παλμού (1-2 λίτρα χαμηλότερο όγκο αίματος) απ' ότι οι ενήλικες, διαθέτουν όμως υψηλότερη μέγιστη καρδιακή συχνότητα, με αποτέλεσμα η καρδιακή παροχή να παραμένει ίδια και ως εκ τούτου το χρησιμοποιούμενο οξυγόνο στους εργαζόμενους μύς του μικρού κολυμβητή να είναι παρόμοιο με εκείνο του ενήλικα (Lavoie & Montpetit, 1986).

Αερόβια ικανότητα στην παιδική ηλικία. Γενικά για την αερόβια ικανότητα στην κολύμβηση και τη βελτίωσή της σε παιδιά προεφηβικής ηλικίας ισχύουν σύμφωνα με την (Αυλωνίτου, 2000) τα παρακάτω: Η αερόβια ικανότητα αυξάνεται αναλογικά με το μέγεθος του σώματος και είναι πάντα μεγαλύτερη στα αγόρια από τα κορίτσια. Αυτό οφείλεται στις διαφορές στο μέγεθος του σώματος και στη μεγαλύτερη μυϊκή μάζα των αγοριών. Η μεγαλύτερη αύξηση της αερόβιας ικανότητας συμβαίνει στα κορίτσια περίπου ένα χρόνο πριν την κορύφωση του σωματικού ύψους, στα δε αγόρια η αερόβια ικανότητα αυξάνεται κατά την περίοδο της κορύφωσης του σωματικού ύψους. Η αερόβια ικανότητα των παιδιών και οι καρδιοαναπνευστικές τους αντιδράσεις στη μακροχρόνια άσκηση είναι όμοια με των ενηλίκων όταν εκφράζεται αναλογικά με το σωματικό βάρος. Η συσχέτιση αερόβιας ικανότητας και επίδοσης στην αντοχή είναι χαμηλότερη στα παιδιά απ' ότι στους ενήλικες γιατί τα μεταβολικά τους αποθέματα είναι χαμηλότερα των ενηλίκων. Το αποτέλεσμα είναι ότι το ενεργειακό κόστος της άσκησης είναι μεγαλύτερο για τα παιδιά από εκείνο των ενηλίκων και ως εκ τούτου η ικανότητά

τους να διατηρούν υψηλής έντασης άσκηση ελαττώνεται. Δεν υπάρχει κάποια κρίσιμη ηλικία για την έναρξη προπόνησης αντοχής. Η αερόβια ικανότητα σαν δείκτης αντοχής είναι σχεδόν παρόμοια στο παιδί και στον ενήλικα και δεν μπορεί να εξηγήσει από μόνη της τις υπάρχουσες διαφορές στην αθλητική απόδοση.

Αναερόβια ικανότητα στην παιδική ηλικία. Η αναερόβια ικανότητα των παιδιών προεφηβικής ηλικίας διαφέρει κατά πολύ από εκείνη των μεγαλύτερων παιδιών. Η αναερόβια ικανότητα στα παιδιά αυξάνεται με την ηλικία και στα 11 τους χρόνια και για τα δύο φύλα. Η μειωμένη ικανότητα μέγιστης παραγωγής γαλακτικού και χρήση του αναερόβιου μεταβολισμού σε παιδιά ηλικίας μικρότερης των 14 χρόνων συγκριτικά με τα παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας σχετίζεται με το γεγονός ότι το γαλακτικό στο αίμα φθάνει σε μέγιστες τιμές μόνο όταν η προσπάθεια ξεπερνά σε ένταση το 85-90% της μέγιστης αερόβιας ικανότητας. Μέγιστες τιμές γαλακτικού φθάνουν μόνο με προσπάθειες σε ταχύτητα μεγαλύτερη από 1.4 m/s. Συμπερασματικά λοιπόν, ο αερόβιος μεταβολισμός συμμετέχει πολύ νωρίτερα στη προσπάθεια παιδιών μικρότερων των 13 χρόνων, σε σχέση με τα μεγαλύτερα, με αποτέλεσμα χαμηλότερη παραγωγή γαλακτικού.

Αποκατάσταση της απόδοσης στα παιδιά. Η ηλικία είναι σημαντικός παράγοντας για το ρυθμό αποκατάστασης σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης (Ratel, Bedu, Hennegrave, Dor & Duch, 2002; Zafeiridis, Dalamitros, Dipla, Manou, Galanis & Kellis, 2005). Από την άλλη πλευρά δεν είναι βέβαιο ότι το ερέθισμα για βελτίωση της αερόβιας ικανότητας πρέπει να είναι ίδιο για παιδιά και ενήλικες. Τα παιδιά αντιδρούν καλύτερα στην κόπωση από ότι οι ενήλικες. Έχουν καλύτερη αντίδραση στο να διατηρούν την απόδοση κατά τη διάρκεια άσκησης υψηλής έντασης είτε λόγω του χαμηλότερου επιπέδου κόπωσης που έχουν κατά την άσκηση είτε λόγω της γρηγορότερης αποκατάστασής τους. Αυτό εξηγείται από το μυϊκό σύστημα των παιδιών που είναι ποσοτικά αλλά και ποιοτικά διαφορετικό από αυτό των ενηλίκων. Για παράδειγμα τα παιδιά διαθέτουν μικρότερη μυϊκή μάζα, χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού, γρηγορότερη ανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης, παράγοντες που πιθανό ευθύνονται για τον ταχύτερο ρυθμό αποκατάστασης (Ratel, Duche & Williams, 2006). Όλα τα παραπάνω πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των προπονητικών προγραμμάτων στην παιδική ηλικία.

Ενεργειακά Συστήματα στην Κολύμβηση

Το ανθρώπινο σώμα αναπαράγει ATP χρησιμοποιώντας τρία διαφορετικά βιοχημικά συστήματα. Τα δύο από αυτά δεν απαιτούν την παρουσία οξυγόνου και για αυτό ονομάζονται αναερόβια ενεργειακά συστήματα. Για το τρίτο, είναι απαραίτητη η παρουσία οξυγόνου και το οποίο ονομάζεται αερόβιο σύστημα παραγωγής ενέργειας. Στα αγωνίσματα της κολύμβησης αναφέρονται οι έννοιες αερόβιο και αναερόβιο, δίνοντας την εσφαλμένη εντύπωση πως οι μεταβολικές αυτές φάσεις δρουν ξεχωριστά. Στην πραγματικότητα όλες οι μεταβολικές συμμετέχουν από την πρώτη στιγμή. Η διαφορά τους έγκειται στο ποσοστό συμμετοχής της καθεμιάς. Στις ταχύτητες το κύριο ποσοστό ενέργειας παρέχεται από το σύστημα ATP-CP και από την αναερόβια γλυκόλυση, επειδή απλά είναι τα μόνα συστήματα που μπορούν να εκπληρώσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των ταχυτήτων στην κολύμβηση. Παρόλα ταύτα ο αερόβιος μηχανισμός συμμετέχει σε σημαντικό ποσοστό. Ο αερόβιος μηχανισμός γίνεται ολοένα και σημαντικότερος καθώς αυξάνεται η διάρκεια της άσκησης και η απόσταση ή καθώς η ταχύτητα κολύμβησης μειώνεται. Στους Πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται τα ποσοστά συμμετοχής των τριών μεταβολικών φάσεων στις διάφορες μορφές ταχύτητας, διάρκειας και απόστασης στην κολύμβηση λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα από τους Maglischo (2003) και Viru και Viru (2001).

Πίνακας 1. Συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στην παραγωγή ενέργειας στις αποστάσεις της κολύμβησης σύμφωνα με τη διάρκεια της προσπάθειας (Viru & Viru, 2001; Maglischo, 2003).

Διάρκεια προσπάθειας	Απόσταση	ATP-CP	Αναερόβιος	Αερόβιος Μεταβολισμός (%)	
		(%)	Μηχανισμός (%)	Μετ. Γλυκόζης	Μετ. Λίπους
10-15 sec	25m	50	50	0	0
19-30 sec	50m	20	60	20	0
40-60 sec	100m	10	55	35	0
1.30-2 min	200m	7	40	53	0
2-3 min	200m	5	40	55	0
4-6 min	400m	0	35	65	0
7-10 min	800m	0	25	73	2
10-12 min	900m	0	20	75	5
14-22 min	1500m	0	15	78	7

Πίνακας 2. Συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στην παραγωγή ενέργειας στις αποστάσεις της κολύμβησης σύμφωνα με το είδος της προπόνησης (Viru & Viru, 2001; Maglischo, 2003).

Είδος προπόνησης και απόσταση	Διάρκεια των σετ	ATP-CP (%)	Αναερόβιος Μηχανισμός (%)	Αερόβιος Μεταβολισμός (%)	
				Μετ. Γλυκόζης	Μετ. Λίπους
Ταχύτητες					
10-15m	1-2 min	50	50	0	0
25m	1-2 min	20	80	0	0
Αναερόβια					
50m	3-5 min	15	60	25	0
100m	5-10 min	10	60	40	0
200m	8-12 min	2	35	63	0
Αερόβια					
	15-20min	0	15	80	5
	30-40min	0	5	75	20
Μεγάλες αποστάσεις	50-60min	0	2	70	28
	90-100min	0	1	30	70

Ενεργειακή συμμετοχή στην παιδική ηλικία. Η αερόβια ικανότητα χρησιμοποιείται συχνά σαν δείκτης της ικανότητας αντοχής του ατόμου και της καρδιοαναπνευστικής του κατάστασης. Το ακριβές κατώφλι της αρχής των προπονητικών προσαρμογών στα παιδιά δεν είναι πλήρως καθορισμένο. Ο λόγος είναι ότι οι προπονητικές προσαρμογές εξαρτώνται από παράγοντες όπως το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης των παιδιών, η ένταση των προπονητικών ερεθισμάτων, η σωματική ανάπτυξη καθώς και η βιολογική ηλικία. Πάντως έχει αποδειχθεί ότι η αερόβια ικανότητα σε εκφραζόμενη σε σχετικές τιμές από την ηλικία των 8 χρόνων είναι όμοια με εκείνη των ενηλίκων (49-65 ml/kg/min για παιδιά και 45-75 ml/kg/min για ενήλικες) γεγονός που δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της απόδοσης του παιδιού. Αντιθέτως η αναερόβια ικανότητα των παιδιών διαφέρει από εκείνη των ενηλίκων. Τα παιδιά φαίνεται ότι έχουν χαμηλότερη γαλακτική ικανότητα, σε σχέση με τα ενήλικα άτομα η οποία αντανακλάται στα χαμηλότερα επίπεδα γλυκογόνου στο σκελετικό μυ. Επιπλέον το ποσοστό γλυκόλυσης είναι μικρότερο στα παιδιά φαινόμενο που σχετίζεται με την ελαττωμένη δραστηριότητα του ενζύμου φωσφοφρουκτοκινάσης και τα χαμηλότερα επίπεδα τεστοστερόνης σε σχέση με εκείνα των ενηλίκων. Οι Macek

και Vanra (1980) αναφέρουν πως η συμμετοχή του αερόβιου / αναερόβιου μεταβολισμού για τα παιδιά είναι 50:50 αντίστοιχα μετά τα 30 δευτερόλεπτα προσπάθειας, ενώ για το ενήλικο άτομο η ίδια συμμετοχή αντιστοιχεί στα 2 λεπτά προσπάθειας.

Συγκριτικά με έρευνες σε ενήλικους, είναι λιγότερα τα ευρήματα που αφορούν την προπόνηση στα παιδιά και τους έφηβους. Είναι όμως αποδεδειγμένο πως παράγοντες όπως το φύλο, η ταχύτητα της βιολογικής ωρίμανσης, ορμονικές μεταβολές (π.χ. η αυξητική ορμόνη), η αερόβια προπόνηση, η ένταση και η διάρκεια της προπόνησης είναι ορισμένοι μόνο από αυτούς που επηρεάζουν τόσο την απόδοση, τις επιδόσεις αλλά και την ενεργειακή συμμετοχή των νεαρών αθλητών (Naughton, Farpour-Lambert, Carlson, Bradney & Van Praagh, 2000).

Παράγοντες κόπωσης στην αγωνιστική κολύμβηση

Οι παράγοντες που προκαλούν την κόπωση ενός κολυμβητή κατά τη διάρκεια ενός αγώνα είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με το είδος, τη διάρκεια και την απόσταση του αγωνίσματος και προφανώς εξαρτώνται από τα ενεργειακά συστήματα που ενεργοποιούνται σε κάθε προσπάθεια.

Κόπωση σε απόσταση 25 και 50 μέτρα. Στις αποστάσεις 25 και 50 μέτρων η απόδοση επηρεάζεται από το ρυθμό ανασύνθεσης της ATP από το σύστημα ATP-CP και τη γλυκόλυση. Η μεταβολική οξείδωση πιθανά δεν μπορεί να επηρεάζει την απόδοση σε αυτά τα αγωνίσματα.

Κόπωση σε απόσταση 100 και 200 μέτρων. Στις αποστάσεις αυτές το σύστημα ATP-PC παράγει την περισσότερη ενέργεια στα πρώτα δευτερόλεπτα, μέχρι να παραχθεί το γαλακτικό οξύ και ο αναερόβιος μεταβολισμός γίνει η κύρια πηγή ενέργειας ATP. Η μεταβολική οξέωση είναι η κύρια αιτία κόπωσης σ' αυτά τα αγωνίσματα. Ο ρυθμός του συστήματος ATP-PC και η ποσότητα της αποθηκευμένης φωσφοκρεατίνης στις μυϊκές ίνες επηρεάζει την απόδοση.

Κόπωση σε μεσαίες και μεγάλες Αποστάσεις 400-1500 μέτρα. Η μεταβολική οξέωση είναι η αιτία της κόπωσης στις μεσαίες και μεγάλες αποστάσεις. Το σύστημα ATP-PC και το αναερόβιο σύστημα συμμετέχουν μόνο στα πρώτα δευτερόλεπτα. Στο μεγαλύτερο μέρος της απόστασης ο αερόβιος μηχανισμός θα αποτελεί την άμεση πηγή για την ανασύνθεση της ATP. Ο ρυθμός σε αυτές τις αποστάσεις απαιτεί περισσότερο οξυγόνο, ενώ μετά τα πρώτα λεπτά

το γαλακτικό παράγεται στους μύες και μπορεί να προκαλέσει κόπωση στο τελευταίο μέρος του αγώνα (Maglisco, 2003).

Περιοριστικοί παράγοντες της απόδοσης στην προπόνηση

Στην αγωνιστική κολύμβηση, αν και τα λίπη και αυτές ακόμη οι πρωτεΐνες μπορούν να διασπαστούν για την παραγωγή ενέργειας ATP, το γλυκογόνο (μορφή αποθήκευσης της γλυκόζης στο μυ και στο συκώτι) αποτελεί την πιο σπουδαία πηγή ενέργειας στις μυϊκές προσπάθειες με ένταση υψηλότερη από 80% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Costill, 1976; Gollnick, 1972). Το γλυκογόνο είναι η ουσία από τη διάσπαση της οποίας παράγεται το γαλακτικό, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας σε σύντομες προσπάθειες μεγάλης έντασης. Ως εκ τούτου, η ελάττωση των μυϊκών αποθεμάτων σε γλυκογόνο οδηγεί στην ελάττωση της δυνατότητας παραγωγής γαλακτικού. Επιστημονικές έρευνες έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα πως το μυϊκό γλυκογόνο ελαττώνεται μετά από αλληπάλληλες σκληρές προπονήσεις. Από διάφορες παρατηρήσεις και έρευνες έχει προκύψει ότι οι κολυμβητές είναι προτιμότερο να εναλλάσσουν προπόνηση υψηλής έντασης με προπόνηση χαμηλής έντασης ώστε να δίνεται η ευκαιρία στις μυϊκές ίνες των καταπονημένων αθλητών να αναλαμβάνουν μερικώς (Lavoie et al., 1986).

Γνωρίζοντας ότι 2,5 ώρες καθημερινής προπόνησης μπορεί να ελαττώνει τα μυϊκά αποθέματα του γλυκογόνου κατά το ήμισυ, είναι πολύ πιθανό το μυϊκό γλυκογόνο να μπορεί να εξαντληθεί πλήρως όταν εκτελείται προπόνηση δύο φορές την ημέρα. Εάν δοθεί μεγάλη προσοχή στο ποσοστό των υδατανθράκων στην καθημερινή διατροφή των κολυμβητών, ιδίως λίγες ώρες μετά την προπόνηση, θα επιταχυνθεί κατά πολύ η αναπλήρωση του γλυκογόνου στις μυϊκές ίνες (Lavoie et al., 1986). Εάν δε οι εντάσεις στις προπονήσεις εναλλάσσονται σε υψηλή, μέτρια, χαμηλή, η αναπλήρωση του γλυκογόνου επιτυγχάνεται ακόμα περισσότερο. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή του γαλακτικού μετά τα αποθέματα του μυϊκού γλυκογόνου και την προπονητική φυσική κατάσταση του κολυμβητή, είναι ο τύπος των μυϊκών ινών του αθλητή. Έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχουν διαφορετικές δυνατότητες για κάθε τύπο μυϊκής ίνας να παράγει ή να καταναλώνει γαλακτικό. Οι Costill, Bennett, Branam και Eddy (1973) βρήκαν ότι κατά τη διάρκεια υπομέγιστης άσκησης οι μυϊκές ίνες βραδείας συστολής καταναλώνουν πρώτες το γλυκογόνο τους και όταν

το καταναλώσουν τελείως στρατολογούνται οι μυϊκές ίνες ΤΣ. Τέλος ο τελευταίος παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή του γαλακτικού και έχει σχέση με τις μυϊκές ίνες είναι το γλυκολυτικό έζυμο γαλακτική αφυδρογονάση (LDH).

Απομάκρυνση γαλακτικού από το αίμα με την ενεργητική αποκατάσταση

Οι προπονητές προτείνουν στους κολυμβητές να εφαρμόζουν ενεργητική αποκατάσταση (χαμηλής έντασης κολύμβηση) μεταξύ επαναλαμβανόμενων δοκιμασιών ή αγώνων. Με την ενεργητική αποκατάσταση μειώνεται η συγκέντρωση γαλακτικού γρηγορότερα από ότι στην παθητική (Cazorla, Dufort & Cervetti, 1983; McMaster, Stoddard & Duncsn, 1989) με επίδραση έτσι στην απόδοση άλλοτε θετικά και άλλοτε αρνητικά (Toubekis et al., 2005; 2006). Ο συνολικός χρόνος της αποκατάστασης φαίνεται να αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη θετική επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης. Οι έρευνες καταλήγουν πως με την ενεργητική αποκατάσταση επιτυγχάνεται γρηγορότερη απομάκρυνση γαλακτικού συγκριτικά με την παθητική. (McMaster et al., 1989). Έρευνα των Greenwood, Moses, Bernardino, Gaesser και Welthman (2008) επιβεβαιώνει τα παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα οι Thiriet, Gozal, Wouassi, Oumarou, Gelas και Lacour (1993) αναφέρουν πως η γρηγορότερη απομάκρυνση μετά από προσπάθειες πολύ υψηλής έντασης επιτυγχάνονται με ενεργητική αποκατάσταση στο 30% με 40% της $VO_2 \max$.

Πολλές έρευνες έχουν δείξει πως με την ενεργητική αποκατάσταση πραγματοποιείται καλύτερη απομάκρυνση γαλακτικού από τους μύες σε μικρότερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με την παθητική αποκατάσταση (Belcastro & Bonen, 1975; Davies, Knibbs & Musgrove 1970; Hermansen & Stensvold, 1972; Hermansen 1981). Στην κολύμβηση οι Krukau, Volker, και Leisen (1987) αναφέρουν πως χαλαρό κολύμπι κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης επαναφέρει το γαλακτικό στο μισό του επιπέδου ηρεμίας σε 6 λεπτά μετά από προσπάθεια 200 μέτρων. Στην ίδια μελέτη, οι κολυμβητές ποδηλατώντας για αποκατάσταση χρειάστηκαν 13 λεπτά για τα ίδια αποτελέσματα. Οι Cazorla και οι συνεργάτες του (1983) αναφέρουν πως οι κολυμβητές έχουν καλύτερη αποκατάσταση με κολύμβηση στο 60-75% της μέγιστης ταχύτητας 100 μέτρων. Αναφέρουν επίσης πως το ίδιο καλά αποτελέσματα έχει και η κολύμβηση στην

αποκατάσταση όπου ο αθλητής επιλέγει το δικό του προσωπικό ρυθμό αποκατάστασης.

Διάρκεια αποκατάστασης και απόδοση

Στην αγωνιστική κολύμβηση, παρά το γεγονός ότι η ενεργητική αποκατάσταση προτείνεται να χρησιμοποιείται ανάμεσα σε σειρές επαναλήψεων που εκτελούνται με μέγιστη ένταση (Maglischo, 2003), πρόσφατα ευρήματα αποθαρρύνουν τη χρήση της αφού η ταχύτητα των κολυμβητών εμφανίζεται μειωμένη (Toubekis et al., 2005). Αντίστοιχα είναι και τα ευρήματα των Bond, Adams, Tearney, Gresham, και Ruff (1991), των Katch, Gilliam και Welthman (1978) και των Lau, Berg, Latin, και Noble (2001), που αναφέρουν πως η ενεργητική αποκατάσταση δεν βελτιώνει πάντα την απόδοση σε σχέση με την παθητική. Άλλοι ερευνητές βρήκαν πως η απόδοση βελτιώθηκε όταν η αποκατάσταση ήταν παθητική και όχι ενεργητική ανάμεσα σε προσπάθειες υψηλής έντασης (Dupond, Blondel, & Berthoin. 2003; Dupond, Moalla, Guinhouya, Ahmaidi & Berthoin, 2004; Toubekis et al., 2005). Στο σημείο αυτό προκύπτει το ερώτημα: πόσο χρόνο χρειάζεται ο κολυμβητής για πλήρη αποκατάσταση; Τα ευρήματα γύρω από την κολύμβηση δεν είναι αρκετά. Όμως είναι αποδεκτό πως η αποκατάσταση στην κολύμβηση θα πρέπει να είναι στην ταχύτητα του «κατωφλιού». Οι Greenwood και οι συνεργάτες του (2007) αναφέρουν πως μετά από παθητική αποκατάσταση 10min, παρατηρήθηκε μείωση στα επίπεδα του γαλακτικού από τα 9.2 στα 7.1 mmol/L, πράγμα που σημαίνει ότι ο χρόνος για πλήρη αποκατάσταση και απομάκρυνση του γαλακτικού είναι πολύ μεγαλύτερος.

Ενεργητική αποκατάσταση και απόδοση

Πέρα όμως από την γρηγορότερη απομάκρυνση του γαλακτικού σημαντικότερο παράγοντα για το είδος της αποκατάστασης διαμορφώνει η επίδραση της αποκατάστασης στη απόδοση του αθλητή. Πιο συγκεκριμένα, χαμηλή συγκέντρωση γαλακτικού δεν συνεπάγεται απαραίτητα βελτίωση της απόδοσης (Weltman, Stamford, Moffatt & Katch, 1977; Welthman, Stamford & Fulco, 1979). Άσκηση χαμηλής έντασης που εκτελείται στη διάρκεια του διαλείμματος, ανάμεσα σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης και μικρής διάρκειας (6 έως 30s) έχει βρεθεί ότι βελτιώνει την απόδοση συγκριτικά με

παθητική αποκατάσταση σε άσκηση με ποδήλατο (Bogdanis et al., 1996a; Signorile, Ingalls & Tremblay, 1993).

Αρκετές μελέτες έχουν παρατηρήσει βελτίωση της απόδοσης μετά από ενεργητική αποκατάσταση και σε σύγκριση με παθητική (Ahmaidi, Granier, Taoutaou, Mercier, Dubouchaud & Prefaut, 1996; Bogdanis et al., 1996a; Dorado et al., 2004; Monedero & Donne, 2000; Spierer, Goldsmith, Baran, Hryniewicz & Katz, 2004). Σε έρευνες του Bogdanis και των συνεργατών του (1996) και των Connolly, Brennan και Lauzon (2003), όπου πραγματοποιήθηκε σύγκριση της παθητικής αποκατάστασης με ενεργητική (στο 30% - 40% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου) παρατηρήθηκε βελτίωση στην απόδοση με την ενεργητική αποκατάσταση. Από την άλλη πλευρά, και σύμφωνα με τον Dorado και των συνεργατών του (2004) όταν η ένταση της ενεργητική αποκατάστασης είναι σχετικά υψηλή (για παράδειγμα στο 50% της μέγιστης αερόβιας ικανότητας) η ενεργητική αποκατάσταση αποτυγχάνει να παρουσιάσει σημαντική επίδραση στην απόδοση. Η απόδοση δεν είχε καμία βελτίωση έπειτα από την ενεργητική αποκατάσταση παρότι υπήρξε πτώση στη συγκέντρωση του γαλακτικού (Bond et al., 1991; Welthman et al., 1979; Welthman & Regan, 1983).

Οι Greenwood και οι συνεργάτες του (2007), αναφέρουν πως για τη γρήγορη απομάκρυνση του γαλακτικού και για βελτίωση της απόδοσης, η αποκατάσταση θα πρέπει να είναι ενεργητική και σε ένταση ίση με την ταχύτητα του αναερόβιου κατωφλιού. Επιπλέον αναφέρεται πως κατά τη διάρκεια ενεργητικής αποκατάστασης πραγματοποιείται γρηγορότερη κυκλοφορία του αίματος γεγονός που αυξάνει τη μεταφορά οξυγόνου και γίνεται ταχύτερη η ανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης (Bogdanis et al., 1996; Dorado et al., 2004).

Για τους κολυμβητές, το είδος κολύμβησης που επιλέγεται για την ενεργητική αποκατάσταση είναι πιθανό να επηρεάζει τη συχνότητα αναπνοής και να μεταβάλλει τον όγκο αέρα και οξυγόνου που εισπνέει ο κολυμβητής κατά την αποκατάσταση. Το γεγονός ότι η αναπνοή χρειάζεται αρκετά λεπτά για να επιστρέψει στα επίπεδα ηρεμίας, υποδηλώνει ότι η αναπνοή μετά την άσκηση ελέγχεται από την οξεοβασική ισορροπία και τη θερμοκρασία του αίματος. Σε μια προσπάθεια να μειώσουν την αναπνευστική καταπόνηση της προσπάθειας, οι κολυμβητές συχνά υπεραερίζουν τους πνεύμονές τους πριν τη δοκιμασία, προκαλώντας μείωση του διοξειδίου του άνθρακα του αίματος, αλλά μικρή αλλαγή στο περιεχόμενο οξυγόνο. Η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα έχει σαν

αποτέλεσμα ο κολυμβητής να αισθάνεται πολύ μικρή ανάγκη για αναπνοή στα 20-30 δευτερόλεπτα της προσπάθειας. Στην περίπτωση που το οξυγόνο που προσλαμβάνεται στη διάρκεια επαναλαμβανόμενων προσπαθειών είναι μειωμένο, η απόδοση μπορεί να μειωθεί (Balsom, Gaitanos, Ekblom, & Sjödín, 1993). Είδη κολύμβησης, όπως είναι το ύπτιο, όπου ο αθλητής έχει τη δυνατότητα να αναπνέει με τη συχνότητα που επιθυμεί στη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης δεν έχουν μελετηθεί έως σήμερα.

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούμε διαλείμματα διάρκειας 5-10 λεπτών μεταξύ των σετ. Για παράδειγμα μπορεί να έχουμε σχεδιάσει ένα σετ για μέγιστη παραγωγή γαλακτικού 2Χ4Χ50 και θέλουμε να δώσουμε 5-6 λεπτά ξεκούραση μεταξύ των σετ. Τι είναι καλύτερο να κάνουμε; Παθητική ή ενεργητική αποκατάσταση; Σε έρευνα των Toubekis et al. (2008) για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα, οκτώ κολυμβητές υψηλού επιπέδου εκτέλεσαν ένα σετ (π.χ. 2Χ4Χ50) και στη διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ των σετ εφάρμοσαν στη μία περίπτωση ενεργητική και στην άλλη παθητική αποκατάσταση. Οι κολυμβητές πέτυχαν ίδια επίδοση στην πρώτη σειρά των 4Χ50 και έτσι είμαστε με μεγάλη πιθανότητα βέβαιοι ότι όποια μεταβολή στην απόδοση του δεύτερου σετ θα οφείλεται στη διαφορετική μορφή αποκατάστασης που εφαρμόστηκε στο διάλειμμα μεταξύ των σετ. Η απόδοσή στη δεύτερη σειρά των 4Χ50 δεν διέφερε μετά από ενεργητική ή παθητική αποκατάσταση. Φαίνεται ότι η εφαρμογή ενεργητικής αποκατάστασης μεταξύ των σετ και για διάρκεια 3-5 λεπτά δεν επηρεάζει την απόδοση των κολυμβητών. Αυτό σημαίνει ότι οι κολυμβητές μπορεί να κολυμπούν χαλαρά μεταξύ των σετ εάν το επιθυμούν. Ωστόσο, θα πρέπει να τους δίνεται κάποιος χρόνος για παθητική αποκατάσταση πριν ξεκινήσουν το επόμενο σετ. Να μην ξεκινούν δηλαδή αμέσως μετά το τέλος της χαλαρής κολύμβησης.

Στους περισσότερους μεγάλους αγώνες όπως είναι το Εθνικό Πρωτάθλημα της χώρας μας, οι περισσότεροι κολυμβητές έχουν να πραγματοποιήσουν περισσότερες από μια κούρσες πολύ υψηλής έντασης και απαιτήσεων, σε λιγότερο από μια ώρα και ίσως και λιγότερο. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρόσφατη μελέτη έδειξε πως μερικά λεπτά ενεργητικής αποκατάστασης σε ένταση έως το 60% της ταχύτητας των 100 μέτρων μπορεί να είναι αρκετά για να μπορέσουν οι κολυμβητές να κολυμπήσουν καλά και στο επόμενο αγώνισμα. Συνήθως η διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης είναι 15 λεπτά και η ένταση μπορεί να επιλέγεται από τους κολυμβητές. Εάν όμως

αυξήσουμε κατά πολύ τη διάρκεια (περισσότερο από 30 λεπτά) τότε θα αναγκάσουμε τους μύες να χρησιμοποιήσουν μυϊκό γλυκογόνο. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να στερηθούν το γλυκογόνο σε επόμενη προπόνηση ή αγωνιστική προσπάθεια.

Όπως προκύπτει από αποτελέσματα μελετών στην ποδηλασία, η εφαρμογή ενεργητικής αποκατάστασης μετά από μια έντονη προπόνηση μπορεί να διατηρήσει την απόδοση σε υψηλότερο επίπεδο την επόμενη ημέρα. Στην κολύμβηση αυτό μπορεί να εμφανιστεί με καλύτερη διατήρηση του μήκους χεριάς. Όταν μια ομάδα κολυμβητών κολύπησε χαλαρά για 15 λεπτά (ταχύτητα αντίστοιχη με το 60% των 100 μέτρων) μετά από μια ημέρα έντονης αναερόβιας προπόνησης, κατάφερε να διατηρήσει αυξημένο μήκος χεριάς σε δοκιμασία 400 μέτρων υπομέγιστης έντασης που έγινε την επόμενη ημέρα. Αντίθετα όταν δεν έγινε χαλάρωμα στο τέλος της προπόνησης το μήκος χεριάς στη δοκιμασία των 400 μέτρων ήταν σημαντικά μειωμένο. Γενικά όμως το χαλάρωμα μετά από έντονη αναερόβια προπόνηση μπορεί να επιδράσει θετικά στην απόδοση αλλά και στην επόμενη προπόνηση. Αναλύοντας όλα τα παραπάνω παρατηρούμε πως καμία έρευνα δεν έχει εξετάσει την επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων *sprint* κολύμβησης (π.χ. 50 μέτρων) έχοντας πρωτόκολλα παρόμοια με την κολυμβητική προπόνηση, περιλαμβάνοντας επαναλαμβανόμενα σετ μέγιστης έντασης και αποκατάσταση μικρής διάρκειας. Τέτοια σετ συνήθως χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του αναερόβιου μηχανισμού, και η ενεργητική αποκατάσταση συνήθως προτιμάται μεταξύ των σετ.

Αποκατάσταση στην προπόνηση

Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η αποκατάσταση των κολυμβητών ειδικά όταν αυτοί έχουν να κολυμπήσουν 2 και 3 έντονα σετ σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό να επιταχυνθεί η αποκατάστασή τους. Ο χρόνος αποκατάστασης της ενεργειακής κατάστασης είναι γενικά μεγαλύτερος από το χρόνο άσκησης, επειδή ο ρυθμός αναπλήρωσης των πηγών ενέργειας είναι χαμηλότερος από το ρυθμό κατανάλωσής τους. Ανάλογα με το είδος της άσκησης, οι πηγές που χρειάζονται αναπλήρωση είναι: 1) η μυϊκή ATP, 2) η μυϊκή φωσφοκρεατίνη, 3) το μυϊκό γλυκογόνο, 4) το ηπατικό γλυκογόνο, 5) οι μυϊκές τριακυλογλυκερόλες. Οι τελευταίες δεν μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση, αφού μειώνονται ελάχιστα. Η φωσφοκρεατίνη αναπληρώνεται με την

επαναφωσφορυλίωση της κρεατίνης από την ATP. Η αναπλήρωση των αποθεμάτων μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου απαιτεί την πρόσληψη υδατανθράκων μετά το τέλος της άσκησης. Με κατάλληλο πρόγραμμα διατροφής, η αναπλήρωση μπορεί να είναι πλήρης σε ένα εικοσιτετράωρο. Τέλος οι μυϊκές τριακυλογλυκερόλες, αναπληρώνονται με την είσοδο λιπαρών οξέων από την τροφή ή το λιπώδη ιστό στις μυϊκές ίνες.

Η αποκατάσταση κατά τη διάρκεια της προπόνησης και συγκεκριμένα ανάμεσα στα διάφορα σετ προπόνησης είναι ένα από τα σημαντικότερα σημεία που απασχολούν τόσο τους προπονητές και τους αθλητές όσο και τους επιστήμονες. Πάρα πολλές έρευνες αναφέρουν πως η ενεργητική αποκατάσταση είναι καλύτερη από την παθητική όσον αφορά την απομάκρυνση του γαλακτικού (McMaster et al., 1989a; Reaburn, & Mackinnon, 1990; Stamford et al., 1981; Weltman et al., 1979; 1977) Παρόλα αυτά η γρηγορότερη απομάκρυνση του γαλακτικού δε σημαίνει και δεν είναι κριτήριο για καλύτερη απόδοση, γρηγορότερη αποκατάσταση, η και ταχύτερη αποκατάσταση της PCr ειδικά στη διάρκεια της προπόνησης. Μια έρευνα που χρησιμοποίησε πρωτόκολλο για ταχύτητες (8 x 6 δευτερόλεπτα ποδηλασίας με 30 δευτερόλεπτα διάλειμμα ενδιάμεσα) παρουσίασε αύξηση στην απόδοση κατά τη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης με ένταση στο 30-40 % της VO_{2max} συγκριτικά με την παθητική (Signorile et al., 1993). Σε αντιδιαστολή με τα παραπάνω έρευνες έχουν δείξει πως κατά τη διάρκεια της προπόνησης και ανάμεσα σε σετ προπόνησης ταχύτητας η παθητική αποκατάσταση πλεονεκτεί έναντι της ενεργητικής διότι και βελτίωση της απόδοσης εμφανίζεται αλλά και ταχύτερη ανασύνθεση της PCr επιτυγχάνεται (Spencer, Bishop, Dawson, Goodman & Duffield, 2006; Spencer, Dawson, Goodman, Danscombe & Bishop, 2008). Οι έρευνες αυτές αναφέρονται σε σετ μικρής διάρκειας σπριντ των 4 δευτερολέπτων των 6 επαναλήψεων όπου η αποκατάσταση είναι διάρκειας 20 δευτερολέπτων. Η ένταση της αποκατάστασης ήταν μεταξύ του 20-40 % της VO_{2max} .

Και ενώ όλα τα παραπάνω αναφέρονται στην απόδοση, άλλες έρευνες ασχολούνται με τις μεταβολικές επιδράσεις. Θα πρέπει να αναφερθεί πως η ανασύνθεση της PCr, όπως και η απομάκρυνση του γαλακτικού προϋποθέτουν την παρουσία οξυγόνου, κάτι το οποίο είναι περιορισμένο κατά τη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης. Έρευνα των Dupont, Moalla, Matran και Berthoin (2007), σε Wingate test 15 και 30 δευτερολέπτων με 15 δευτερόλεπτα

αποκατάσταση ενδιάμεσα με διάφορες μορφές αποκατάστασης, πως με την ενεργητική αποκατάσταση επήλθε γρηγορότερη αποκατάσταση του pH, καλύτερη παροχή αίματος και αύξηση της μεταφοράς οξυγόνου και ανασύνθεση της PCr. Το ενεργειακό κόστος κατά τη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαθεσιμότητας ATP για την ανασύνθεση της PCr (Bogdanis et al., 1995) με αποτέλεσμα την αρνητική επίδραση της απόδοσης.

Πίνακας 3. Έρευνες που μελέτησαν την επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης στην απόδοση.

Συγγραφείς	Άθλημα	Πρωτόκολλο	αποκατάσταση	Γαλακτικό, ATP, PCr	Απόδοση
Belcastro et al.(1975)	ποδηλασία	6 min 89% Vo2max 30 min διάλ.	ENE - ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Χωρίς επίδραση
Weltman et al.(1979)	ποδηλασία	5 min max 20 min διάλ. 5 min max	ENE - ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Οχι απαραίτητα βελτίωση
Mcmaster et al.(1989)	κολύμβηση	1 X max	15 min ENE 55-65-75% VO ₂ max και ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Χωρίς επίδραση
Signorile et al.(1993)	ποδηλασία	8 X 6 sec 30 sec διάλ.	ENE 30-40% VO ₂ max και ΠΑΘ	-	Βελτίωση με ENE 30-40% VO ₂ max
Bogdanis et al.(1995)	ποδηλασία	30 δευτ.max 1,5 - 3 - 6 min διάλ.	ENE - ΠΑΘ	-	Μείωση με ENE
Monedero et al.(2000)	ποδηλασία	2 X 5 km max διαλ. 20sec	ENE 50%VO ₂ max και ΠΑΘ + massage	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Βελτίωση με συνδυασμό ENE+massage
Sprierer et al.(2004)	ποδηλασία	30sec max 4min διάλ.	ENE 28% VO ₂ max και ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Βελτίωση με ENE
Toubekis et al.(2005)	κολύμβηση	8X25m max 45 & 120sec διάλ. 50m max 6min διάλ.	ENE 60% VO ₂ max και ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Χωρίς επίδραση
Toubekis et al.(2006)	κολύμβηση	8X25m max 45sec διάλ. και 50m max 6min διάλ.	ENE 50-60% VO ₂ max και ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Χωρίς επίδραση
Greenwood et al.(2007)	κολύμβηση	200m max 10min διάλ. και ξανά 200m	ENE 50% A.T. και ΠΑΘ	ENE ταχύτερη απομ. Γ.Ο.	Βελτίωση με ENE στο A.T.
Dupont et al.(2007)	ποδηλασία	15sec max 15sec διάλ. 15sec max	ENE - ΠΑΘ	ENE βραδύτερη ανασύν. PCr	Χωρίς επίδραση
Spencer et al.(2008)	ποδηλασία	6X4sec sprint 25sec διάλ.	ENE 20-35% VO ₂ max και ΠΑΘ	Καμία διαφορά	Καμία διαφορά

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες

Στη μελέτη έλαβαν μέρος δώδεκα κολυμβητές, έξι αγόρια (ηλικία: $MO=12.2\pm 0.9$ έτη, ύψος: $MO=162\pm 3$ cm, σωματική μάζα: $MO=47.3\pm 2$ kg) και έξι κορίτσια (ηλικία: $MO=12.2\pm 0.7$ έτη, ύψος: $MO=158\pm 7$ cm, σωματική μάζα: $MO=53.8\pm 7.4$ kg) με προπονητική ηλικία τουλάχιστον τέσσερα έτη και με συχνότητα συμμετοχής στην προπόνηση τουλάχιστον πέντε φορές την εβδομάδα. Πριν την έναρξη των διαδικασιών, δόθηκαν λεπτομερείς πληροφορίες για τις δοκιμασίες και ζητήθηκε γραπτώς η συναίνεση των γονέων. Οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν στην κλειστή πισίνα 25 μέτρων, με θερμοκρασία νερού $25.5\pm 0.4^{\circ}C$ και περιβάλλοντος $16.8\pm 1.3^{\circ}C$ σε όλη τη διάρκεια των δοκιμασιών και ολοκληρώθηκαν σε περίοδο τριών εβδομάδων.

Μέσα συλλογής δεδομένων

Η ανάλυση των δειγμάτων αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού πραγματοποιήθηκε με φορητό αναλυτή (Accutrend Lactate, Roche). Η επίδοση στις προκαταρκτικές και τις κύριες δοκιμασίες καταγράφηκε με ηλεκτρονικό σύστημα χρονομέτρησης (TanCo sports timing) το οποίο χρησιμοποιείται και από την Παγκόσμια Κολυμβητική Ομοσπονδία (FINA) για τη διεξαγωγή αγώνων (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ηλεκτρονικό σύστημα χρονομέτρησης (TanCo sports timing). Η τερματική συσκευή μεταφοράς και καταγραφής-εκτύπωσης των δεδομένων της χρονομέτρησης (Αριστερά.) Η ηλεκτρονική πλάκα η οποία περιλαμβάνεται στο κύκλωμα που ενεργοποιείται με το άγγιγμα του κολυμβητή (Δεξιά).

Η καρδιακή συχνότητα σε όλες τις δοκιμασίες καταγράφηκε με τηλεμετρία (Polar S610i, Polar Electro, Kampele, Finland). Για να σταθεροποιηθεί ο δέκτης στο στήθος, είχε προσαρμοστεί στα αγόρια με δυο τσιράντες ώστε να μην μετακινείται, ενώ στα κορίτσια βρισκόταν μέσα από το μαγιό (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Το τηλεμετρικό σύστημα καταγραφής της καρδιακής συχνότητας και ο τρόπος εφαρμογής του στους κολυμβητές (Polar S610i, Polar Electro, Kampele, Finland)

Με ηλεκτρονικό χρονόμετρο χειρός (Ultrak 495) καταγράφηκε ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση τριών κύκλων χεριών για τον υπολογισμό της συχνότητας χεριών καθώς και συμπληρωματική μέτρηση της επίδοσης για αποφυγή τυχόν βλάβης της ηλεκτρονικής χρονομέτρησης TanCo sports timing (Εικόνα 3). Η μέτρηση του αναστήματος και ο υπολογισμός του σωματικού βάρους πραγματοποιήθηκε με ζυγαριά - αναστημόμετρο ακρίβειας (Seca).



Εικόνα 3: Ηλεκτρονικό χρονόμετρο χειρός (Ultrak 495)

Διαδικασία συλλογής των δεδομένων

Προκαταρκτικές δοκιμασίες Όλοι οι κολυμβητές μία εβδομάδα πριν την έναρξη των κύριων δοκιμασιών, και σε διαφορετικές ημέρες, πραγματοποίησαν προσπάθεια 100m ελεύθερο και 100m ύπτιο ακολουθώντας όλες τις διαδικασίες που τηρούνται σε επίσημους αγώνες κολύμβησης. Από την επίδοση που κατεγράφη με ηλεκτρονική χρονομέτρηση υπολογίστηκε το 50% της ταχύτητας των 100m για κάθε κολυμβητή με σκοπό να εφαρμοστεί στη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης στις κύριες δοκιμασίες. Επιπλέον, μια προσπάθεια 400m με ελεύθερο και μια προσπάθεια 400m με ύπτιο και ένταση που αντιστοιχεί στο 50% της ταχύτητας των 100m πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικές ημέρες, από έξι κολυμβητές. Σκοπός των προσπαθειών στα 400m ήταν να επιβεβαιωθεί ότι η ταχύτητα που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης δεν αυξάνει τη συγκέντρωση γαλακτικού περισσότερο από 2 mmol/l για να εξασφαλιστεί ότι η ένταση της άσκησης που επιλέχτηκε είναι κυρίως αερόβια.

Προθέρμανση. Πριν την έναρξη των κύριων δοκιμασιών όλοι οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν προθέρμανση, η οποία περιλάμβανε 400m ελεύθερο, 200m ασκήσεις επιλογής του κάθε κολυμβητή και 4 x 12,5m ελεύθερο σε μέγιστη ένταση.

Κύριες δοκιμασίες. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν οκτώ προσπάθειες κολύμβησης 25m με διάλειμμα 50s (8x25m) και δύο προσπάθειες 50m (2x50m) καταβάλλοντας μέγιστη προσπάθεια. Το ελεύθερο είδος κολύμβησης χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις προσπάθειες 25 και 50m. Η διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ της τελευταίας προσπάθειας 25m και της πρώτης προσπάθειας των 50m καθώς και μεταξύ πρώτης και δεύτερης προσπάθειας 50m ήταν 6 min. Στη διάρκεια του διαλείμματος ανάμεσα στις επαναλήψεις των 25 και των 50 μέτρων οι κολυμβητές εκτέλεσαν σε τρεις διαφορετικές δοκιμασίες, ενεργητική αποκατάσταση με ελεύθερη (ENE), ενεργητική αποκατάσταση με ύπτιο κολύμβηση (ENY), ή παρέμειναν ακίνητοι μέσα στο νερό (ΠΑΘ). Η ένταση της ενεργητικής αποκατάστασης που εφαρμόστηκε αντιστοιχεί στο 50% της ταχύτητας των 100m. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες μελέτες με ενήλικες κολυμβητές (Toubekis et al., 2005; Toubekis et al., 2006). Η εκκίνηση σε όλες τις δοκιμασίες πραγματοποιήθηκε μέσα από το νερό. Τα πόδια του κολυμβητή ήταν

τοποθετημένα στο τοίχωμα του κολυμβητηρίου (κάτω από την πλάκα επαφής), μετά από αντίστροφη μέτρηση από το τρία και με το σφύριγμα του εξεταστή οι εξεταζόμενοι πατούσαν στην ηλεκτρονική πλάκα για να ενεργοποιηθεί το ηλεκτρονικό χρονόμετρο και ξεκινούσαν την προσπάθεια. Πέντε έως επτά δευτερόλεπτα πριν και μετά από κάθε προσπάθεια 25 ή 50 μέτρων ήταν στη διάθεση των κολυμβητών για να πάρουν τη σωστή θέση εκκίνησης. Οι κολυμβητές εξοικειώθηκαν με την ταχύτητα της ενεργητικής αποκατάστασης στη διάρκεια της προπόνησης για 2 ημέρες πριν από κάθε δοκιμασία και δεν δυσκολεύτηκαν να ακολουθήσουν το προκαθορισμένο ρυθμό. Η αξιολόγηση του κάθε κολυμβητή γινόταν ατομικά ενώ καθ' όλη τη διάρκεια των δοκιμασιών υπήρχε ισχυρή ενθάρρυνση και ανατροφοδότηση ώστε να κολυμπήσουν ταχύτερα. Επιπλέον, στη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης, ένας από τους εξεταστές βημάτιζε στο κατάστρωμα του κολυμβητηρίου, έτσι ώστε να είναι ορατός από τον κολυμβητή, δίνοντας του οδηγίες για το ρυθμό όταν το έκρινε απαραίτητο. Από τη στιγμή του τερματισμού και μέχρι την έναρξη της επόμενης δοκιμασίας μεσολαβούσαν 6 λεπτά, από τα οποία το πρώτο και το έκτο ήταν για τη συλλογή του δείγματος αίματος και τον προσδιορισμό του γαλακτικού οξέος. Για αυτό το λόγο η διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης ήταν τέσσερα λεπτά.

Η καταμέτρηση του αριθμού των αναπνοών γινόταν από τον εξεταστή σε κάθε προσπάθεια 25 και 50 μέτρων σε όλες τις δοκιμασίες. Για τον υπολογισμό της συχνότητας χεριών κατεγράφη ο χρόνος για την ολοκλήρωση τριών κύκλων χεριάς ($SR=180/\text{χρόνο ολοκλήρωσης τριών κύκλων χεριάς}$). Η καρδιακή συχνότητα κατεγράφη σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας με συχνότητα δειγματοληψίας κάθε πέντε δευτερόλεπτα (Polar S610i). Οι δοκιμασίες εκτελέστηκαν με ισοσταθμισμένη σειρά και την ίδια ώρα της ημέρας. Οι δοκιμασίες απείχαν μεταξύ τους χρονικά τουλάχιστον 5 ημέρες. Κάθε κολυμβητής με τη συνεργασία του κηδεμόνα του κατέγραψε τη διατροφή του στο 24ωρο πριν από την πρώτη δοκιμασία. Η διατροφή που κατεγράφη επανελήφθη στις επόμενες δυο δοκιμασίες.

Αιμοληψίες. Δείγμα αίματος (20μl) ελήφθη στην ηρεμία, μετά το τέλος της 8^{ης} προσπάθειας 25 μέτρων, πριν και 5 λεπτά μετά την πρώτη, καθώς και 5 λεπτά μετά τη δεύτερη προσπάθεια 50 μέτρων (συνολικά 5 δείγματα αίματος). Μετά την ολοκλήρωση της τελευταίας προσπάθειας 25 μέτρων ο εξεταζόμενος έβγαινε από τη πισίνα, και μέσα σε διάστημα περίπου ενός λεπτού, πραγματοποιήθηκε η

αιμοληψία. Αναλυτικά απομακρύνθηκε από το χέρι του κάθε ίχνος νερού. Αμέσως μετά με ειδικό στυλό και βελόνα μίας χρήσης τρυπήθηκε η ρόγα του δακτύλου. Αφού απομακρύνθηκε η πρώτη σταγόνα αίματος, μια δεύτερη σταγόνα σχηματίστηκε στο δάκτυλο και τοποθετήθηκε στο κέντρο ειδική ταινία του φορητού αναλυτή Accutrend Lactate (Εικόνα 4). Ένα λεπτό αργότερα ο φορητός αναλυτής προσδιόριζε την τιμή του γαλακτικού στο αίμα (Εικόνα 5).



Εικόνα 4: Τρύπημα της ρόγας του δακτύλου με ειδική βελόνα (Αριστερά). Συλλογή δείγματος αίματος από το δάκτυλο και τοποθέτησή του πάνω σε ειδική ταινία (Δεξιά).

Σχεδιασμός της μελέτης. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (είδος αποκατάστασης X επαναλήψεις). Για την επίδοση, τον αριθμό αναπνοών και τη συχνότητα χεριών στα 25m, ο ένας παράγοντας είναι το είδος αποκατάστασης, (ENE, ENY, ΠΑΘ), και ο δεύτερος οι επαναλήψεις 25m. Για τις προσπάθειες των 50m ο δεύτερος παράγοντας είναι οι δύο επαναλήψεις 50 m (3 είδη αποκατάστασης X 2 επαναλήψεις 50m). Για τη συγκέντρωση γαλακτικού ο δεύτερος παράγοντας είναι οι αιμοληψίες (3 είδη αποκατάστασης X 5 αιμοληψίες). Στο σχεδιασμό ανεξάρτητη μεταβλητή είναι το είδος αποκατάστασης στις τρεις δοκιμασίες (ENE, ENY, ΠΑΘ) και εξαρτημένες μεταβλητές η επίδοση, το γαλακτικό, η συχνότητα χεριών και ο αριθμός αναπνοών.



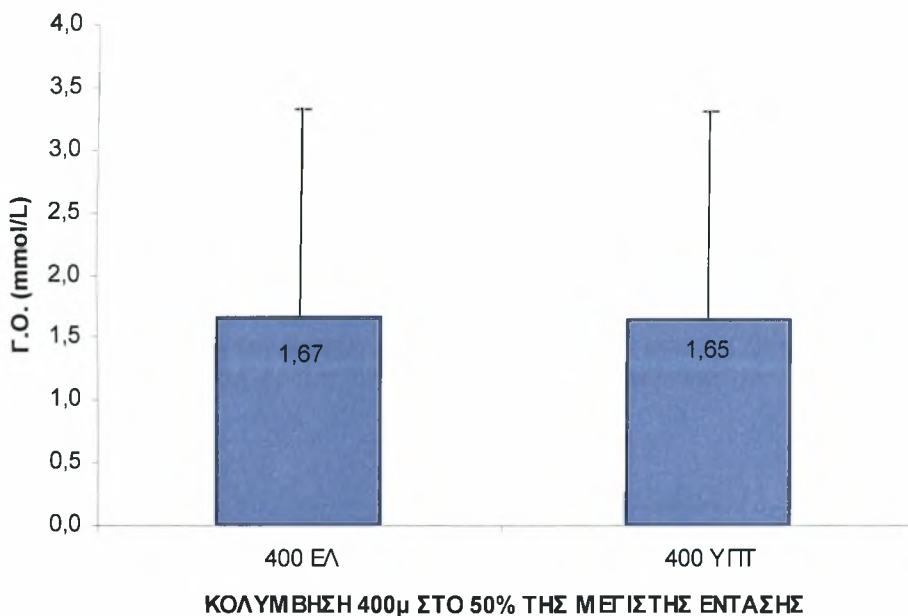
Εικόνα 5: Η συσκευή ανάλυσης των δειγμάτων αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού (μικροφωτόμετρο Accutrend Lactate). Αριστερά φαίνεται η τιμή γαλακτικού (19.9 mmol/L) μετά από μια δοκιμασία ενώ δεξιά φαίνεται η ειδική βελόνα καθώς και οι ταινίες πάνω στις οποίες τοποθετείται το αίμα για τον προσδιορισμό του γαλακτικού.

Στατιστική ανάλυση

Η ομαλή κατανομή των δεδομένων ελέγχθηκε με το Kolmogorov-Smirnov τεστ. Ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ως προς δύο επαναλαμβανόμενους παράγοντες (είδη αποκατάστασης x επαναλήψεις 25 ή 50 m) πραγματοποιήθηκε για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων. Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επιπέδων των δύο παραγόντων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων LSD. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε ως $p < .05$ και τα αποτελέσματα εμφανίζονται ως μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

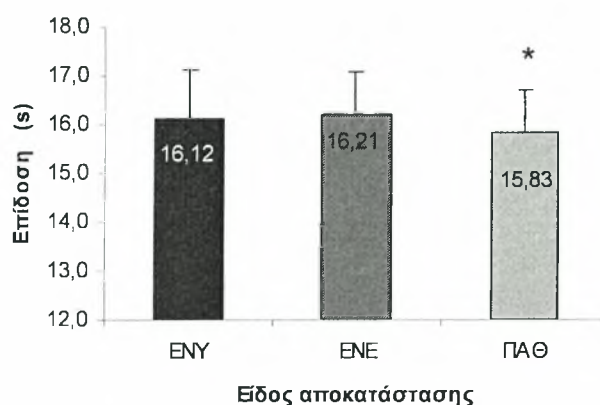
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του ερευνητικού έργου. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η συγκέντρωση γαλακτικού στις προκαταρτικές δοκιμασίες των 400 μέτρων ελευθέρου και υπτίου που σκοπό είχαν να επιβεβαιώσουν ότι η ταχύτητα που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης δεν αυξάνει τη συγκέντρωση γαλακτικού περισσότερο από 2 mmol/l και για να εξασφαλιστεί ότι η ένταση της άσκησης που επιλέχτηκε είναι κυρίως αερόβια.



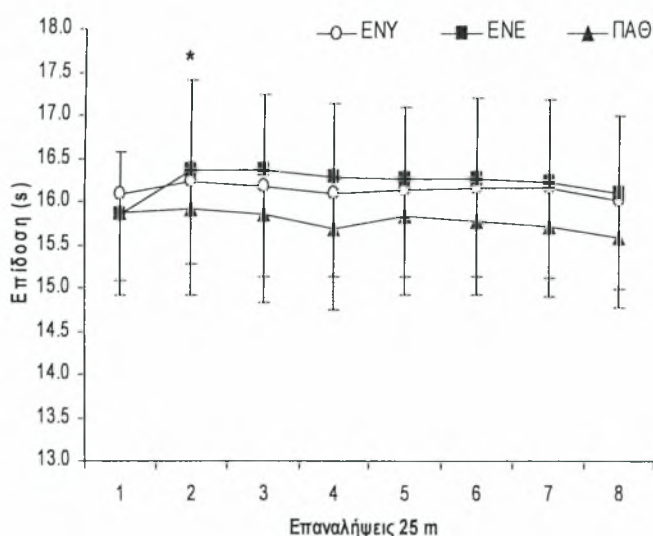
Σχήμα 1: Συγκέντρωση γαλακτικού στη διάρκεια κολύμβησης 400 μέτρων στο 50% της μέγιστης έντασης πριν την έναρξη των δοκιμασιών (Μέση τιμή \pm SD, n=12)

Επιδόσεις στις επαναλήψεις 25m

Η επίδοση στα 8x25m ήταν βελτιωμένη στην ΠΑΘ συγκριτικά με την ΕΝΕ και ΕΝΥ δοκιμασίες (ΠΑΘ: $15.77 \pm 0.85s$, ΕΝΕ: $16.21 \pm 0.86s$, ΕΝΥ: $16.12 \pm 1.00s$, $F_{(2,22)}=9.66$, $p < .05$, Σχήμα 3). Ο χρόνος κολύμβησης στη δεύτερη προσπάθεια των 25 μέτρων ήταν αυξημένος συγκριτικά με την πρώτη, ανεξάρτητα της μορφής αποκατάστασης ($F_{(7,77)}=5.461$, $p < .05$), αλλά δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων (είδος αποκατάστασης x επαναλήψεις 25 μέτρων, $F_{(14,154)}=1.631$, $p = .076$, Σχήμα 2).



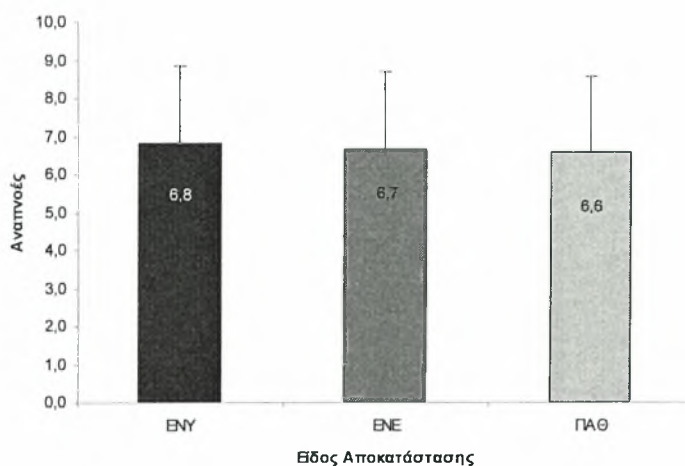
Σχήμα 2: Μ.Ο. επίδοσης στις επαναλήψεις των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$). * $p < 0,05$ συγκριτικά με την ΕΝΥ και ΕΝΕ δοκιμασίες



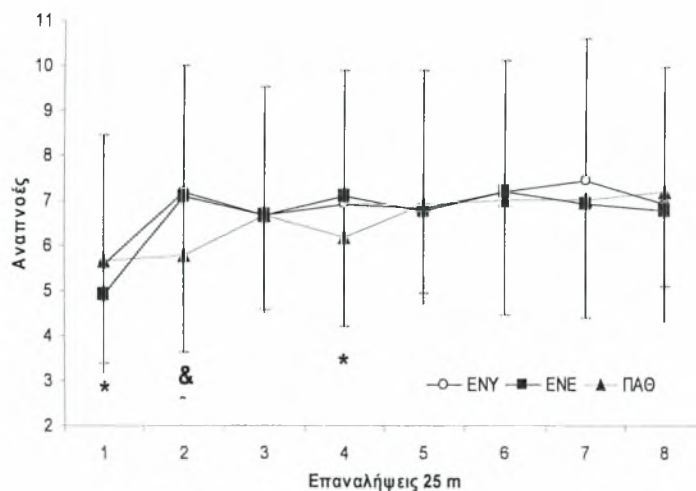
Σχήμα 3: Επίδοση στις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$). * $p < .05$ συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια 25m.

Αριθμός αναπνοών στις επαναλήψεις 25m.

Ο μέσος αριθμός αναπνοών δεν διέφερε μεταξύ των δοκιμασιών (ENY: 6.8 ± 2.8 , ENE: 6.7 ± 2.1 , ΠΑΘ: 6.6 ± 2.0 αναπνοές, $F_{(2,22)} = 2.16$, $p = .807$, Σχήμα 4). Ωστόσο, ο αριθμός των αναπνοών εμφάνισε σημαντική αύξηση μετά από τη δεύτερη προσπάθεια των 25 μέτρων στις δοκιμασίες ENY και ENE, αλλά μόνο μετά την πέμπτη προσπάθεια στην ΠΑΘ δοκιμασία ($F_{(14,154)} = 2.03$, $p < .05$, Σχήμα 5). Ο μέσος αριθμός των αναπνοών στις επαναλήψεις των 50 μέτρων δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δοκιμασιών (ENY: 15.4 ± 5.2 , ENE: 15.5 ± 4.5 αναπνοές, ΠΑΘ: 15.3 ± 3.9 , $F_{(2,22)} = 0.068$, $p = .934$).



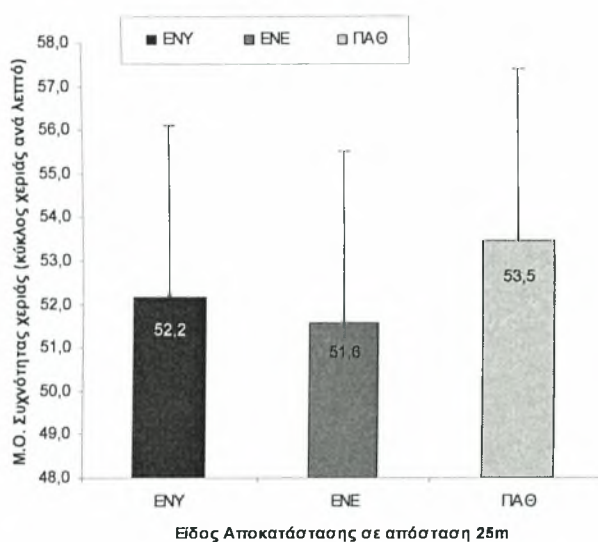
Σχήμα 4: Ο αριθμός των αναπνοών στις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$).



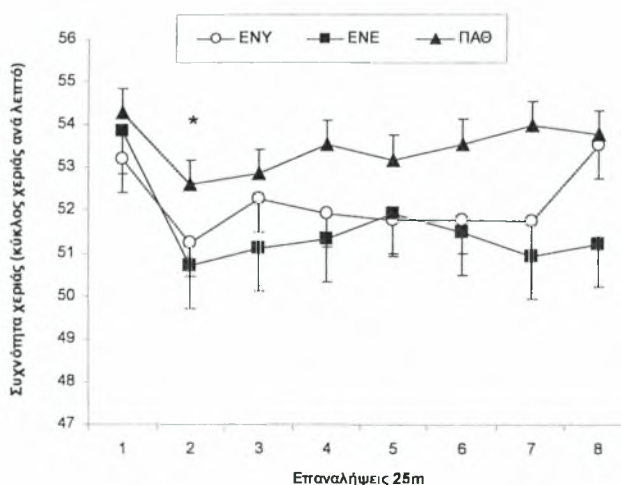
Σχήμα 5: Ο αριθμός των αναπνοών σε κάθε μία από τις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$).

Συχνότητα χεριών στις επαναλήψεις 25m

Η συχνότητα χεριών στις οκτώ προσπάθειες των 25 μέτρων στην ΠΑΘ ήταν αυξημένη συγκριτικά με την ΕΝΕ αλλά δεν διέφερε από την ΕΝΥ (ΕΝΥ: 52.2 ± 4.5 , ΕΝΕ: 51.6 ± 3.9 , ΠΑΘ: 53.5 ± 3.9 κύκλοι χεριών/λεπτό, $F_{(2,22)}=3.903$, $p < .05$, Σχήμα 6). Σημαντική μείωση της συχνότητας χεριών εμφανίστηκε στη δεύτερη προσπάθεια 25 μέτρων συγκριτικά με την πρώτη ανεξάρτητα δοκιμασίας ($F_{(7,77)}=2.683$, $p < 0.05$) και δεν εμφανίστηκε αλληλεπίδραση μεταξύ δοκιμασιών και επαναλήψεων 25 μέτρων ($F_{(14,154)}=0.743$, $p > 0.05$, Σχήμα 7).



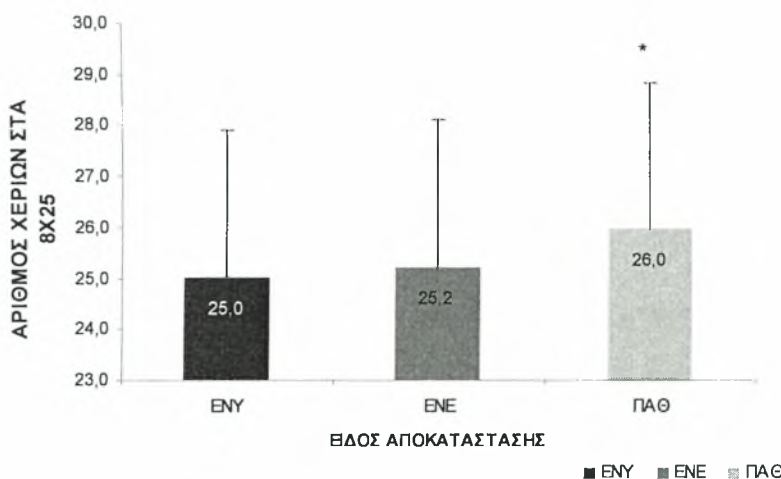
Σχήμα 6: Η μέση συχνότητα χεριών (κύκλοι χεριάς ανά λεπτό) στις επαναλήψεις των 25 μέτρων στα 3 είδη αποκατάστασης (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$). * $p < 0.05$ συγκριτικά με την ΕΝΕ δοκιμασία.



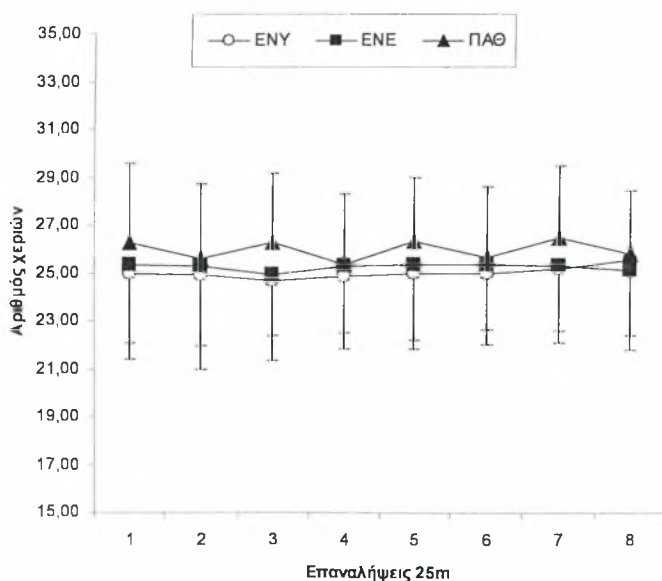
Σχήμα 7: Συχνότητα χεριάς (κύκλος χεριάς ανά λεπτό) στις επαναλήψεις των 25 μέτρων στα 3 είδη αποκατάστασης (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$). * $p < 0.05$ συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια.

Αριθμός χεριών στις επαναλήψεις 25m

Ο μέσος αριθμός ολοκληρωμένων κινήσεων χεριών στην ΠΑΘ ήταν αυξημένος σε σχέση με την ΕΝΥ αλλά δεν διέφερε από την ΕΝΕ (ΕΝΥ=25,01±3,29, ΕΝΕ=25,22±2,8, ΠΑΘ=25,95±2,89, $p < 0.05$, Σχήμα 8). Δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στον αριθμό των χεριών στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες 25 μέτρων σε όλες τις δοκιμασίες ($F_{(7, 77)} = 1,5562$, $p > 0.05$, Σχήμα 9).



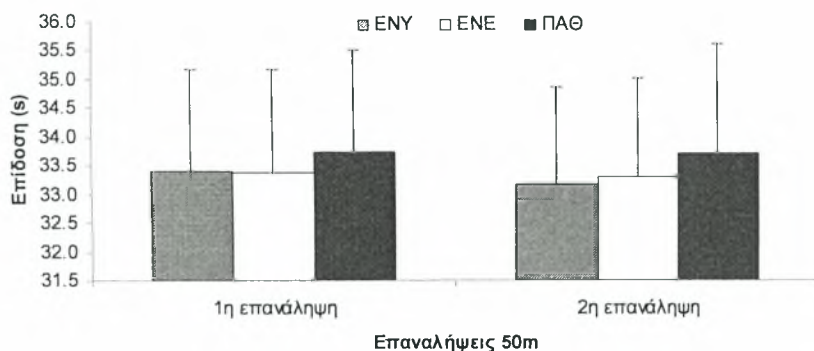
Σχήμα 8: Μ.Ο. χεριών στις 8 προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης. (Μέση τιμή ± SD, n=12).



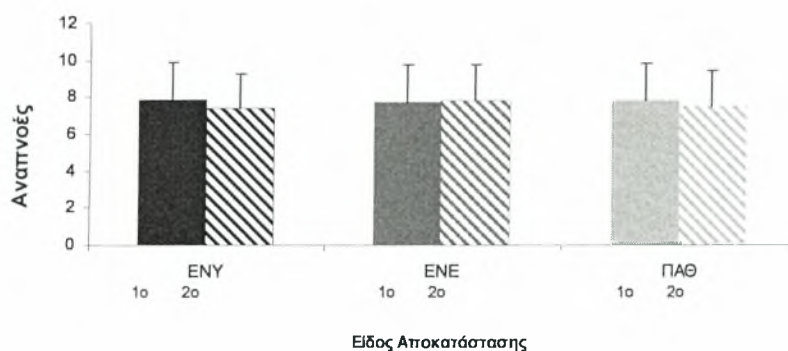
Σχήμα 9: Αριθμός χεριών στις 8 προσπάθειες των 25 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης. (Μέση τιμή ± SD, n=12).

Απόδοση στις επαναλήψεις 50m.

Δεν εμφανίστηκε διαφορά στις επιδόσεις στα 2Χ50m μεταξύ ΕΝΕ, ΕΝΥ και ΠΑΘ δοκιμασιών και ο χρόνος κολύμβησης παρέμεινε αμετάβλητος στη δεύτερη συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια 50 m (ΕΝΥ, 1^η:33.40±1.78, 2^η:33.18±1.82 s, ΕΝΕ, 1^η:33.37±1.69, 2^η:33.31±1.69 s, ΠΑΘ, 1^η:33.72±1.76, 2^η:33.70±1.89 s, $F_{(2,22)}=0.793$, $p=.465$, Σχήμα 10).



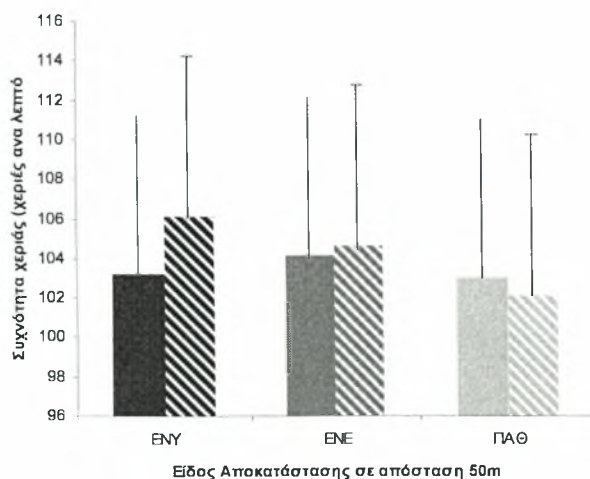
Σχήμα 10: Επίδοση στις δύο επαναλήψεις των 50 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης (Μέση τιμή ± SD, n=12).



Σχήμα 11: Αναπνοές στις προσπάθειες των 2 x 50 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης. (Μέση τιμή ± SD, n=12).

Συχνότητα χεριών στις επαναλήψεις 50m

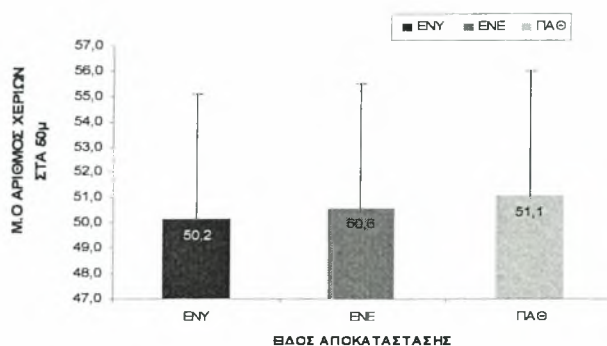
Καμία μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στη συχνότητα χεριών μεταξύ δοκιμασιών ή μεταξύ επαναλήψεων στα 50 μέτρα (ΕΝΥ, 1^η 51,6±5,16, 2^η 53,03±3,64, ΕΝΕ, 1^η 52,05±2,6, 2^η 52,32±2,93, ΠΑΘ, 1^η 51,48±4,03, 2^η 51,06±4,05 $F_{(1,11)}=0.708$, $p>0.05$, Σχήμα 12) ενώ δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ($p>0.05$).



Σχήμα 12: Η μέση συχνότητα χεριών (χειρίες ανά λεπτό) στις επαναλήψεις των 2 x 50 μέτρων στα 3 είδη αποκατάστασης. Η ράβδος με πλήρες γέμισμα αφορά τα πρώτα 25 μ. και η σκιασμένη ράβδος το δεύτερο 25άρι (Μέση τιμή \pm SD, n=12).

Αριθμός χεριών στις επαναλήψεις 50m

Δεν εμφανίστηκε διαφορά στον αριθμό των χεριών μεταξύ των δοκιμασιών ή των επαναλήψεων και δεν παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων (ENY, 1^η 50,42 \pm 5,88, 2^η 50,17 \pm 5,95, ENE, 1^η 50,5 \pm 5,73, 2^η 50,58 \pm 4,94, ΠΑΘ, 1^η 51,5 \pm 5,2, 2^η 51,08 \pm 4,91, $F_{(1,11)} = 0.919$, $p > 0.05$, Σχήμα 13).

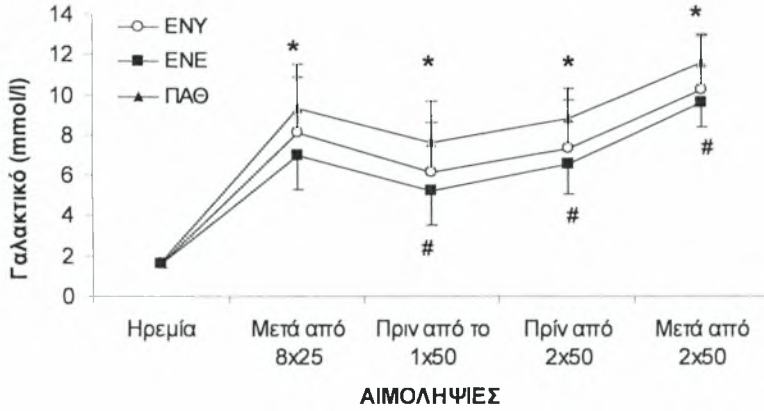


Σχήμα 13: Ο μέσος όρος του αριθμού κινήσεων χεριών στις προσπάθειες των 50 μέτρων μετά από τις διαφορετικές μορφές αποκατάστασης. Μέση τιμή \pm SD, n=12.

Συγκέντρωση γαλακτικού στη διάρκεια των δοκιμασιών

Η συγκέντρωση γαλακτικού στην απόσταση 25m παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση στην ΠΑΘ (7,81 \pm 0,82 mmol/l) τόσο σε σχέση με την ENY (6,70 \pm 1,05 mmol/l) όσο και με την ENE (6,02 \pm 0,6 mmol/l, $p < 0,05$) αντίστοιχα (Σχήμα 14). Σε όλες τις χρονικές στιγμές αιμοληψιών η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν αυξημένη στην ΠΑΘ σε σύγκριση με την ENE και την ENY ($p < 0.05$). Έξι

λεπτά μετά από την ολοκλήρωση των επαναλήψεων 25 μέτρων η συγκέντρωση γαλακτικού μειώθηκε συγκριτικά με τη συγκέντρωση στο τέλος των 8x25m σε όλες τις δοκιμασίες ($p < 0.05$). Σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης παρατηρήθηκε αμέσως μετά από κάθε προσπάθεια 50 m σε όλες τις δοκιμασίες (ΠΑΘ, $10,21 \pm 0,22$ mmol/l, ENY, $8,83 \pm 0,19$ mmol/l, ΠΑΘ, $10,21 \pm 0,03$ mmol/l ($p < 0.05$).



Σχήμα 14: Συγκέντρωση γαλακτικού στη διάρκεια των τριών δοκιμασιών (Μέση τιμή \pm SD, $n=12$). * $p < .05$ ΠΑΘ με ENE και ENY. # $p < .05$ με την προηγούμενη αιμοληψία.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκε η επίδραση της ενεργητικής αποκατάστασης με ελεύθερο ή ύπτιο είδος κολύμβησης συγκριτικά με παθητική αποκατάσταση στην απόδοση σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες 25m που εκτελέστηκαν από νεαρούς κολυμβητές. Οι κολυμβητές πέτυχαν καλύτερη απόδοση στη σειρά των 8x25m όταν εφαρμόστηκε παθητική αποκατάσταση.

Απόδοση στην απόσταση των 25m

Στην ποδηλασία έχει παρατηρηθεί πως η ενεργητική σε σύγκριση με την παθητική αποκατάσταση διατηρεί την απόδοση υψηλότερη (Bogdanis et al., 1996b). Στην παρούσα μελέτη η απόδοση ήταν μειωμένη όταν εφαρμόστηκε ενεργητική αποκατάσταση. Αρνητική επίδραση στην ταχύτητα κολύμβησης μετά από ενεργητική αποκατάσταση έχει παρατηρηθεί και από τους Toubekis και Tokmakidis (2003).

Κατά τη διάρκεια ενεργητικής αποκατάστασης οι κολυμβητές κολυμπούν αργά (ένταση 50% της ταχύτητας των 100m) χρησιμοποιώντας τα χέρια και τα πόδια για να υπάρχει ισορροπία. Έτσι οι κολυμβητές αναπνέουν περίπου κάθε 2 με 3 δευτερόλεπτα, γεγονός που πιθανόν να προκαλεί μείωση του εισπνεόμενου οξυγόνου, δημιουργώντας υποξία (Yamamoto et al., 1987). Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί πως στη φάση της αποκατάστασης ο αθλητής αναπνέει έντονα για κάποιο χρονικό διάστημα και η κατανάλωση οξυγόνου είναι αυξημένη στη διάρκεια αποκατάστασης (Bae, Hamaoka, Katsumura, Shiga, Ohno, Haga, 2000). Η αυξημένη ποσότητα οξυγόνου στην αποκατάσταση χρησιμοποιείται για ανεφοδιασμό με οξυγόνο όσων μορίων μυσφαιρίνης το προσέφεραν για την αερόβια παραγωγή ενέργειας για οξειδωση των ενεργειακών υποστρωμάτων στους μύες, για την αναπλήρωση της φωσφοκρεατίνης, την οξειδωση του γαλακτικού. Κατά συνέπεια το αυξημένο ενεργειακό κόστος από την ενεργητική αποκατάσταση σε συνδυασμό με την αυξημένη ανάγκη σε οξυγόνο για επαναφορά της ομοιόστασης είναι πιθανό να επιβραδύνουν την αποκατάσταση της PCr. Είναι γνωστό πως κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων προσπαθειών μικρής διάρκειας που εκτελούνται με μέγιστη ένταση ο ρυθμός ανασύνθεσης της

PCr είναι κρίσιμος για τη διατήρηση της απόδοσης (Gaitanos et al., 1993). Επιπλέον σε περιπτώσεις που ο όγκος οξυγόνου που προσλαμβάνεται στη διάρκεια επαναλαμβανόμενων προσπαθειών είναι περιορισμένος η απόδοση μειώνεται (Balsom et al., 1994).

Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια κάθε προσπάθειας κυμαίνεται από 13-16s. Σε προσπάθειες με τέτοια διάρκεια η συμμετοχή της PCr για παραγωγή ενέργειας είναι καθοριστική. Ωστόσο, η αναερόβια γλυκόλυση που ενεργοποιείται άμεσα σε τέτοιας έντασης προσπάθειες μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (H^+) που συνδέονται με το μηχανισμό της κόπωσης. Είναι γνωστό πως σε προσπάθειες μικρής διάρκειας (10–20s) που εκτελούνται με μέγιστη ένταση η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και των ιόντων H^+ φτάνουν σε υψηλά επίπεδα (Bogdanis et al., 1998) και πως η αύξηση αυτή της συγκέντρωσης ιόντων H^+ είναι μάλλον υπεύθυνη για τη μείωση της απόδοσης σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες (Spriet et al., 1989). Στη συγκεκριμένη όμως έρευνα, η οποία αναφέρεται σε κολυμβητές μικρής ηλικίας παρατηρείται αμελητέα αλλαγή ανάμεσα στο πρώτο και το τελευταίο 25άρι της τάξεως του 0,3%. Η αδυναμία ενεργοποίησης της αναερόβιας γλυκόλυσης σε μέγιστο βαθμό και η μεγαλύτερη εξάρτηση από τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας μπορεί να δικαιολογεί τη μικρή μεταβολή της απόδοσης στις τελευταίες συγκριτικά με τις πρώτες προσπάθειες στην παρούσα μελέτη. Σε παρόμοια σειρά επαναλήψεων μέγιστης έντασης, ενήλικες κολυμβητές εμφανίζουν μείωση της απόδοσης κατά 15% στις τελευταίες συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια (Toubekis and Tokmakidis 2003). Σε πρόσφατη έρευνα οι Gaul, Docherty και Cicchini (1995) αναφέρουν πως τα παιδιά έχουν χαμηλότερη αναερόβια ικανότητα και οξειδώνουν περισσότερο λιπίδια κατά τη διάρκεια αερόβιας άσκησης σε σχέση με τους ενήλικες. Επίσης αναφέρουν πως η χαμηλότερη δράση της LDH που παρατηρείται στα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες καθώς και η χαμηλότερη δράση της γαλακτικής αφυδρογονάσης εξηγούν εν μέρει τη χαμηλότερη αναερόβια ικανότητα και παραγωγή γαλακτικού οξέος. Σε παρόμοια με την παρούσα μελέτη, σειρά επαναλήψεων μέγιστης έντασης, ενήλικες κολυμβητές εμφανίζουν μείωση της απόδοσης κατά 7-10% στις τελευταίες συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια (Toubekis et al. 2005). Ο αυξημένος ρυθμός αποκατάστασης στα παιδιά συγκριτικά με έφηβους και ενήλικες έχει επιβεβαιωθεί πρόσφατα σε άσκηση μέγιστης έντασης (Zafeiridis et al. 2005).

Από την άλλη πλευρά, η ανάγκη για αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου στην παρούσα μελέτη γίνεται φανερή από τον αυξημένο αριθμό αναπνοών από τη δεύτερη μόλις προσπάθεια των 25 μέτρων στις δοκιμασίες που εφαρμόστηκε ενεργητική αποκατάσταση. Αυτό είναι πιθανό να συνέβη λόγω της ανεπαρκούς αποκατάστασης στη διάρκεια του διαλείμματος των 50 δευτερολέπτων, αφού στη διάρκεια αυτής της περιόδου οι κολυμβητές πιθανόν δεν μπόρεσαν να προσλάβουν την απαραίτητη ποσότητα οξυγόνου. Ακόμα και στην περίπτωση που η ενεργητική αποκατάσταση έγινε με ύπτιο φαίνεται ότι ο όγκος του οξυγόνου δεν ήταν αρκετός για να καλύψει την αυξημένη απαίτηση. Σε μια τέτοια περίπτωση η παθητική αποκατάσταση παρέχει τον απαιτούμενο χρόνο και μειώνει το ενεργειακό κόστος δίνοντας τη δυνατότητα για καλύτερη ανασύνθεση της PCr συγκριτικά με την ενεργητική αποκατάσταση.

Απόδοση στην απόσταση των 50m

Η μέση επίδοση των δύο επαναλήψεων των 50 μέτρων δεν διέφερε μεταξύ των ειδών αποκατάστασης. Επιπλέον η απόδοση στη δεύτερη δεν διέφερε συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια των 50 μέτρων. Η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα ήταν σημαντικά αυξημένη πριν από την πρώτη προσπάθεια των 50 μέτρων αλλά δεν εμφάνισε σημαντική σχέση με την απόδοση στην προσπάθεια. Σε συμφωνία με τα ευρήματα στην παρούσα μελέτη έχει αναφερθεί πως η απόδοση σε προσπάθειες μικρής διάρκειας δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (Bogdanis et al., 1995).

Αν αναλογιστούμε τη συνολική διάρκεια αποκατάστασης από το τελευταίο 25άρι, τη δειγματοληψία γαλακτικού οξέος και τα 5 περίπου λεπτά της αποκατάστασης, τότε ίσως να γίνεται αντιληπτή η επίδραση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στους μύες και στο αίμα. Επιπλέον οι Zafeiridis, Dalamitros, Dipla, Manou, Galanis και Kellis (2005), σε πρόσφατη έρευνά τους αναφέρουν πως τα παιδιά έχουν καλύτερη και γρηγορότερη αποκατάσταση από τους μεγάλους, γεγονός που συνδέεται με την παρούσα έρευνα. Για να εξηγήσουμε επίσης τη μη ύπαρξη σημαντικών διαφορών στα είδη αποκατάστασης στα 50m μπορούμε να λάβουμε υπόψη τα επίπεδα της PCr, 6 λεπτά μετά το τέλος των 8X25m, χρόνος πολύ μεγαλύτερος από ότι στα ενδιάμεσα 25άρια, αλλά και τη διάρκεια της αποκατάστασης μεταξύ των προσπαθειών των 50 μέτρων που ήταν επίσης 6 λεπτά και έτσι οι νεαροί κολυμβητές είχαν αρκετό χρόνο για ανασύνθεση

της PCr μεταξύ των προσπαθειών (Bogdanis et al. 1995). Επιπλέον, η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού πιθανά να ήταν αυξημένη στη δεύτερη συγκριτικά με την πρώτη προσπάθεια και αυτό παρέχει μεγάλο μέρος του απαιτούμενου ATP (Bogdanis et al. 1996b).

Ενώ η παραγωγή γαλακτικού οξέος συνδέεται με την απόδοση, δημιουργείται το ερώτημα αν η απομάκρυνσή του συνδέεται ανάλογα με την ταχύτητα κολύμβησης. Οι Bogdanis και οι συνεργάτες του (2005) αναφέρουν πως η απόδοση σε προσπάθειες μικρής διάρκειας δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. Από την άλλη πλευρά ο χρόνος απομάκρυνσης της ημίσειας ποσότητας γαλακτικού όταν η συγκέντρωση ανέρχεται στα 5 mmol/l αίματος είναι 10 λεπτά, στα 10 mmol/l αίματος είναι 15 λεπτά και πάνω από 20 mmol/l περίπου 25 λεπτά ή και περισσότερο (Grosser, & Starichka, 2000). Σε μικρής ηλικίας αθλητές, όπως οι αθλητές της παρούσας έρευνας όπου οι συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές, αντίστοιχα και η απομάκρυνση του, αλλά η επίδρασή του στην απόδοση δεν θα αποτελούν πρωταγωνιστικό ρόλο. Έτσι θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως η ενεργητική αποκατάσταση δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε διαλείμματα (που διαρκούν από 45-120s) ενδιάμεσων ταχυτήτων κολύμβησης. Όταν η διάρκεια αποκατάστασης είναι πάνω από 6 min τότε το είδος αποκατάστασης δεν παίζει ρόλο (Toubekis et al., 2005).

Ακόμη, η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού είναι χαμηλότερη στην παιδική ηλικία συγκριτικά με τους ενήλικες και πιθανόν να διαταράσσει σε μικρότερο βαθμό την οξεοβασική ισορροπία επιτρέποντας ταχύτερη αποκατάσταση στην απόδοση (Zafeiridis et al., 2005). Σε αυτή την περίπτωση η αναερόβια γλυκόλυση μπορεί να ενεργοποιηθεί ικανοποιητικά σε μια επόμενη προσπάθεια. Στη δεύτερη προσπάθεια των 50 μέτρων παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα, που σημαίνει ότι η συμμετοχή της γλυκόλυσης ήταν σημαντική σε αυτή την προσπάθεια, επιτρέποντας τη διατήρηση της απόδοσης. Ωστόσο, επειδή αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα δεν σχετίζεται πάντα με την παραγωγή του στους μύες, η διατήρηση της απόδοσης μπορεί να οφείλεται σε επαρκή ανασύνθεση της PCr αλλά και αυξημένη ενεργοποίηση του αερόβιου μεταβολισμού (Bogdanis et al. 1995; Bogdanis et al. 1996b).

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φάνηκε και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, το ζήτημα της χρήσης διαφόρων μορφών αποκατάστασης μετά από επιβαρύνσεις πολύ υψηλής έντασης έχει πολλές πλευρές και οι ερευνητές έχουν εκδώσει αποτελέσματα με πληθώρα εκδοχών. Υπάρχουν ζητήματα όπως το αν ενδιαφέρει τον προπονητή στενά το θέμα της απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέως και των ιόντων υδρογόνου που το συνοδεύουν για να καθορίσει την ετοιμότητα του αθλητή του ή αν υπάρχει συνδυασμός παραγόντων όπως για παράδειγμα η επαναφορά της φωσφοκρεατίνης σε υψηλά επίπεδα χωρίς να έχει κατ' ανάγκην επανέλθει στα επίπεδα ηρεμίας το γαλακτικό στο αίμα.

Ο προπονητής θα πρέπει πρώτα από όλα να καθορίσει το είδος της προπόνησης για το οποίο θα προετοιμαστεί. Φάνηκε παραπάνω ότι για μεγάλης διάρκειας διάλειμμα (π.χ. 6 λεπτά), ο τύπος της αποκατάστασης δεν παίζει σπουδαίο ρόλο ενώ για τις μικρής διάρκειας διάλειμμα (50 s) η παθητική αποκατάσταση θα επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα από την ενεργητική. Έτσι, και η οδηγία που θα λάβει ο αθλητής θα είναι προσαρμοσμένη σε αυτή τη σχέση διάρκειας προσπάθειας και διαλλείματος.

Έπειτα πρέπει να καθοριστούν προτεραιότητες, όπως στο θέμα της αναπνοής. Ο προπονητής πρέπει να αποφασίσει αν αυτό που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι η λήψη αρκετού αέρα, άρα και οξυγόνου, οπότε θα προτιμηθεί το ύπτιο έναντι του ελευθέρου ή ακόμη και της παθητικής αποκατάστασης στην άκρη της πισίνας όπου θα διασφαλιστεί ότι θα αναπνέει ανεμπόδιστα. Σε αντίθετη περίπτωση ίσως η προπόνηση περάσει παρά τη θέληση του προπονητή σε άλλο μοντέλο (πχ ανοχής του γαλακτικού) με αποτέλεσμα την αδυναμία εκτέλεσης υψηλής έντασης επαναλήψεων.

Τέλος, πολύ σημαντική είναι η υπόθεση ότι στις μικρές ηλικίες ο μηχανισμός ίσως λειτουργεί διαφορετικά σε σχέση με τους ενήλικες. Έτσι, ο συνδυασμός των συμπερασμάτων ότι στα παιδιά δεν παρατηρείται τόσο μεγάλη αύξηση του γαλακτικού, ότι ο αναερόβιος μεταβολισμός επιστρατεύεται εξίσου δυναμικά σε επόμενες προσπάθειες και ότι ίσως ο αερόβιος μηχανισμός και η επαναφορά της φωσφοκρεατίνης είναι πιο σημαντικός παράγοντας από τη

συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα αφού δε σημαίνει και την υψηλή συγκέντρωσή του στους μύες, πιθανά να οδηγεί στη χρήση διαφορετικών μοντέλων σε ενήλικες, άλλων σε εφήβους και πιθανότατα εντελώς διαφορετικών σε πολύ μικρής ηλικίας παιδιά.

Συνοπτικά, σε μέγιστες προσπάθειες μικρής διάρκειας (12-16 δευτερόλεπτα) που εκτελούνται με μικρό διάλειμμα (σχέση κολύμβησης-αποκατάστασης 1:3), η εφαρμογή παθητικής συγκριτικά με την ενεργητική αποκατάσταση με ελεύθερο ή ύπτιο διατηρεί την απόδοση υψηλότερη, και είναι πιθανό να συμβάλλει σε καλύτερη διατήρηση της συχνότητας χεριών. Σε μεγαλύτερης διάρκειας προσπάθειες (30-33 δευτερόλεπτα) που εκτελούνται με μεγάλη διάρκεια αποκατάστασης (σχέση κολύμβησης-αποκατάστασης 1:12), το είδος αποκατάστασης δεν επηρεάζει την απόδοση. Προτείνεται η χρήση παθητικής αποκατάστασης όταν εκτελούνται επαναλαμβανόμενες προσπάθειες μέγιστης έντασης με μικρή διάρκεια διαλείμματος.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυλωνίτου, Ε. (2000). *Αθλητικές επιδόσεις στην κολύμβηση*. Αθήνα: College of Sports Science Press.
- Ahmaid, S., Granier, P., Taoutaou, Z., Mercier, J., Dubouchaud, H., Prefaut, C. (1996). Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28(4), 450-6.
- Bae, S.Y., Hamaoka, T., Katsumura, T., Shiga, T., Ohno, H., Haga, S. (2000). Comparison of muscle oxygen consumption measured by near infrared continuous wave spectroscopy during supramaximal and intermittent pedalling exercise. *Int. J. Sports Med.*, 21(3) 168-74.
- Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J., & Guidetti, L. (2004). Lactate removal during active recovery related to the individual anaerobic and ventilatory thresholds in soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 93:224–230
- Balsom, P.D., Gaitanos, G.C., Ekblom, B., Sjodin, B. (1994). Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiol. Scand.* 152:279-285.
- Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L. & Saltin, B. (1994). Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: impact of light exercise. *J. Appl. Physiol.*, 77:1890–1895
- Belcastro, A.N. & Bonen, A. (1975). Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *J. Appl. Physiol.*, 39(6), 932-6.
- Bogdanis, G.C., Nevill, M.E., Boobis, L.H. & Lakomy, H.K. (1996b). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J. Appl. Physiol.*, 80(3), 876-84.

- Bogdanis, G.C., Nevill, M.E., Boobis, L.H., Lakomy, H.K. & Nevill, A.M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J. Physiol.*, 15:482 (Pt 2), 467-80.
- Bogdanis, G.C., Nevill, M.E., Lakomy, H.K., Graham, C.M. & Louis, G. (1996a). Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur. J Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 74(5), 461-9.
- Bond, V., Adams, R.G., Tearney, R.J., Gresham, K. & Ruff, W. (1991). Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function. *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 31(3), 357-61.
- Cairns, S.P. (2006) Lactic acid and exercise performance: culprit or friend? *Sports Med.*, 36:279–291.
- Cazorla, G., Dufort, C., Cervetti, J. (1983). *The influence of active recovery on blood lactate disappearance after supramaximal swimming*. In: Hollander P, Huijing P, de Groot G, eds. *Biomechanics and Medicine in Swimming, International series on sport sciences*. Vol 14. Champaign, Ill.: Human Kinetics: 244–250.
- Connolly, D.A.J., Brennan, K.M. & Lauzon, C.D. (2003). Effects of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term, high intensity exercise. *Journal of Sports Science and Medicine* 2, 47-51
- Costill, D.L., Bennett, A., Branam, G. & Eddy, D. (1973). Glucose ingestion at rest and during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.*, 34(6), 764-9.
- Costill, D.L., Fink, W.J. & Pollock, M.L. (1976). Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Med. Sci. Sports.*, 8(2), 96-100.
- Cunningham, D. A. & Faulkner, J. A. (1969). The effects of training on aerobic and anaerobic metabolism during a short exhaustive run. *Med. Sci. Sport* 1: 65-69.

- Davies, C.T., Knibbs, A.V. & Musgrove, J. (1970). The rate of lactic acid removal in relation to different baselines of recovery exercise. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 28(3), 155-61.
- Dodd, S., Powers, S.K., Callender, T. & Brooks, E. (1984). Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise. *J. Appl. Physiol.* 57:1462–1465
- Dorado, C., Sanchis-Moysi, J. & Calbet, J.A. (2004). Effects of recovery mode on performance, O₂ uptake, and O₂ deficit during high-intensity intermittent exercise. *Can. J. Appl. Physiol.*, 29(3), 227-44.
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S. & Berthoin, S. (2004). Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(2):302-8.
- Dupont, G., Moalla, W., Matran, R. & Berthoin, S. (2007). Effect of short recovery intensities on the performance during two Wingate tests. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39(7), 1170-6.
- Faigenbaum, A.D., Kraemer, W.J., Blimkie, C.J., Jeffreys, I., Micheli, L.J., Nitka, M. & Rowland, T.W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J. Strength Cond. Res.*, 23(5 Suppl.), S60-79.
- Gaitanos, G.C., Williams, C., Boobis, L.H. & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.*, 75(2), 712-9.
- Gaul, C.A., Docherty, D. & Cicchini, R. (1995). Differences in anaerobic performance between boys and men. *Int. J. Sports Med.*, 16(7), 451-5.
- Gisolfi, C., Robinson, S. & Turrell, E.S. (1966). Effects of aerobic work performed during recovery from exhausting work. *J. Appl. Physiol.* 21:1767–1772

- Gollnick, P.D., Armstrong, R.B., Saubert, C.W. 4th, Piehl, K., Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J. Appl. Physiol.*, 33(3), 312-9.
- Greenwood, J.D., Moses, G.E., Bernardino, F.M., Gaesser, G.A. & Weltman, A. (2008). Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. *J. Sports Sci.*, 26(1), 29-34.
- Hermansen, L. & Stensvold, I. (1972). Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiol. Scand.*, 86(2), 191-201.
- Hermansen, L. (1981). Effect of metabolic changes on force generation in skeletal muscle during maximal exercise. *Ciba Found Symp.*, 82, 75-88.
- Karlsson, J. & Ollander, B. (1972). Muscle metabolites with exhaustive static exercise of different duration. *Acta Physiol. Scand.*, 86(3), 309-14.
- Katch, V.L., Gilliam, T. & Weltman, A. (1978). Active vs. passive recovery from short-term supramaximal exercise. *Res Q.*, 49(2), 153-61.
- Krukau, M., Volker, K. & Leisen, H. (1987). The influence of sportspecific and sport-unspecific recovery on lactate behaviour after anaerobic swimming. (Abstract), *Int. J. Sports Med.* 8(2):142, 1987.
- Lau, S., Berg, K., Latin, R.W. & Noble, J. (2001). Comparison of active and passive recovery of blood lactate and subsequent performance of repeated work bouts in ice hockey players. *J. Strength Cond. Res.*, 15(3), 367-71.
- Lavoie, J.M. & Montpetit, R.R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Med.*, 3(3), 165-89.
- MacDougall, J.D., Ward, G.R. & Sutton, J.R. (1977). Muscle glycogen repletion after high-intensity intermittent exercise. *J. Appl. Physiol.*, 42(2), 129-32.
- Macek, M. & Vavra, J. (1980). The adjustment of oxygen uptake at the onset of exercise: a comparison between prepubertal boys and young adults. *Int. J. Sports Med.* 1:70-72.

- Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. Human Kinetics, Champaign, IL
- McLellan, T.M. & Skinner, J.S. (1982). Blood lactate removal during active recovery related to the aerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 3:224–229
- McMaster, W.C., Stoddard, T. & Duncan W. (1989). Enhancement of blood lactate clearance following maximal swimming. Effect of velocity of recovery swimming. *Am. J. Sports Med.*, 17(4), 472-7.
- Meyer, T., Gabriel, H.H. & Kindermann, W. (1999). Is determination of exercise intensities as percentages of VO₂max or HRmax adequate? *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:1342–1345.
- Monedero, J. & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int. J. Sports Med.*, 21(8), 593-7.
- Naughton, G., Farpour-Lambert, N.J., Carlson, J., Bradney, M. & Van Praagh, E. (2000). Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Med.*, 30(5), 309-25.
- Olbrecht, J. (2000). *The science of winning*. Luton, England: Swimshop.
- Peters Futre, E.M., Noakes, T.D., Raine, R.I. & Terblanche S. E. (1987). Muscle glycogen repletion during active postexercise recovery. *Am. J. Physiol.* 253:E305–E311
- Peyrebrune, M.C., Nevill, M.E., Donaldson, F.J. & Cosford, D.J. (1998). The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming. *J. Sports Sci.*, 16(3), 271-9.
- Ratel, S., Bedu, M., Hennegrave, A., Doré, E. & Duché P. (2002). Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int. J. Sports Med.*, 23(6), 397-402.
- Ratel, S., Duché, P. & Williams, C.A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med.*, 36(12), 1031-65.

- Reaburn, P.R. & Mackinnon, L.T. (1990). Blood lactate responses in older swimmers during active and passive recovery following maximal sprint swimming. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 61(3-4), 246-50.
- Signorile, J.F., Ingalls, C. & Tremblay, L.M. (1993). The effects of active and passive recovery on short-term, high intensity power output. *Can. J. Appl. Physiol.*, 18(1), 31-42.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. & Duffield R. (2006). Metabolism and performance in repeated cycle sprints: active versus passive recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38(8), 1492-9.
- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C., Dascombe, B. & Bishop, D. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 103(5), 545-52.
- Spieler, D.K., Goldsmith, R., Baran, D.A., Hryniewicz, K. & Katz, S.D. (2004). Effects of active vs. passive recovery on work performed during serial supramaximal exercise tests. *Int. J. Sports Med.*, 25(2), 109-14.
- Stager, J.M., Robertshaw, D., Miescher, E. (1984). Delayed menarche in swimmers in relation to age at onset of training and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 550-555.
- Stamford, B.A., Weltman, A., Moffatt, R. & Sady, S. (1981). Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *J. Appl. Physiol.*, 51(4), 840-4.
- Thevenet, D., Tardieu-Berger, M., Berthoin, S. & Prioux, J. (2007). Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 99:133-142
- Thiriet, P., Gozal, D., Wouassi, D., Oumarou, T., Gelas, H. & Lacour, J.R. (1993). The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in consecutive supramaximal exercise. *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 33(2), 118-29.

- Toubekis, A.G., Tokmakidis, S.P. (2003) Active recovery decreases performance during repeated bouts of sprint swimming irrespective of resting interval duration. In: Chatard JC (ed) Biomechanics and medicine in swimming IX. Publications de l' Universite´ dem Saint-E´ tienne, Saint-E´ tienne, France, pp 469–474.
- Toubekis, A.G., Douda, H.T. & Tokmakidis, S.P. (2005). Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *Eur. J Appl. Physiol.*, 93(5-6), 694-700.
- Toubekis, A.G., Smilios, I., Bogdanis, G.C., Mavridis, G. & Tokmakidis, S.P., (2006). Effect of different intensities of active recovery on sprint swimming performance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 31(6), 709-16.
- Toubekis, A.G., Tsolaki, A., Smilios, I., Douda, H.T., Kourtesis, T. & Tokmakidis, S.P. (2008). Swimming performance after passive and active recovery of various durations. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2008 Sep;3(3):375-86.
- Viru A, Viru M. (2001). *Biochemical monitoring of sport training*. Champaign: Human Kinetics.
- Weltman, A. & Regan, J.D. (1983). Prior exhaustive exercise and subsequent, maximal constant load exercise performance. *Int. J. Sports Med.*, 4(3), 184-9.
- Weltman, A., Stamford, B.A. & Fulco, C. (1979). Recovery from maximal effort exercise: lactate disappearance and subsequent performance. *J. Appl. Physiol.*, 47(4), 677-82.
- Weltman, A., Stamford, B.A., Moffatt, R.J. & Katch, V.L. (1977). Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise performance. *Res. Q.*, 48(4), 786-96.
- Zafeiridis, A., Dalamitros, A., Dipla, K., Manou, V., Galanis, N. & Kellis, S. (2005). Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37(3), 505-12.