



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

———— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 ————

**«ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ  
ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ  
ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΤΑΣΗΣ»**

**Νικητάκης Σπ. Ιωάννης**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**ΠΕΔΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΕΙΔΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ**

© Copyright  
Νικητάκης Σπ. Ιωάννης  
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

## **Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής**

Όνομα Επιβλέποντα Καθηγητή

Τουμπέκης Ανάργυρος

(Επίκουρος Καθηγητής)

Όνομα Μέλους

Μπογδάνης Γρηγόριος

(Επίκουρος Καθηγητής)

Όνομα Μέλους

Παραδείσης Γεώργιος

(Αναπληρωτής Καθηγητής)



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστήμιων Αθηνών

ΙΔΡΥΘΗΝ ΤΟ 1837

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ"

ΠΡΑΚΤΙΚΟ  
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Του Ιωάννη Νικητάκη

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Γενική Συνέλευση Ειδικής Σύμβασης του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 16/2/2018 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής του **κ. Ιωάννη Νικητάκη** με τίτλο: «Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση σε διαφορετικές περιοχές έντασης» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Α. Τουμπέκη**, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέποντας), **Γ. Παραδείση**, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Γ. Μπογδάνη**, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 2/11/2018 ημέρα Παρασκευή και ώρα 14:00 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρίσιμη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

**Α. Τουμπέκης**, Επίκουρος Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

**Γ. Παραδείσης**, Αναπληρωτής Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

**Γ. Μπογδάνης**, Επίκουρος Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

## **Έκφραση Ευχαριστιών**

Η διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τη συμβολή του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τουμπέκη Αργύρη, καθώς και των καθηγητών κ. Μπογδάνη Γρηγόρη και κ. Παραδείση Γιώργου, που με τις γνώσεις και την καθοδήγησή τους με βοήθησαν να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συμφοιτητές και συναδέλφους που με βοήθησαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

**ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΗ ΚΑΙ  
ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΤΑΣΗΣ**

Σκοπός της μελέτης ήταν να προσδιορίσει την περιοχή έντασης στην οποία εντοπίζεται η κρίσιμη ταχύτητα (KT) κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση. Στη μελέτη συμμετείχαν 20 άρρενες κολυμβητές (παιδιά:  $11,5 \pm 0,4$  ετών,  $n=10$ , έφηβοι:  $15,8 \pm 0,7$  ετών,  $n=10$ ). Η KT υπολογίστηκε από προσπάθειες 200 και 400 μέτρων μέγιστης έντασης. Το κατώφλι γαλακτικού (ΚΓ) υπολογίστηκε από δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (7x200-m). Σε διαφορετικές ημέρες πραγματοποιήθηκαν προσπάθειες συνεχούς κολύμβησης με μέγιστη διάρκεια 30 λεπτά ή έως την αδυναμία διατήρησης ταχύτητας και ένταση που αντιστοιχεί στην KT, 2% χαμηλότερη ή 2% υψηλότερη από την KT για τον προσδιορισμό της ταχύτητας που αντιστοιχεί στη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS). Σε διαφορετική ημέρα πραγματοποιήθηκαν δέκα επαναλήψεις 200 μέτρων στην KT (10x200-m). Η συγκέντρωση γαλακτικού [La], η πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_2$ ) και η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) κατεγράφησαν σε κάθε δοκιμασία. Στα παιδιά η KT ήταν παρόμοια με τη sMLSS ( $1,092 \pm 0,071$  έναντι  $1,083 \pm 0,065 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $p > 0,05$ ) αλλά υψηλότερη από το ΚΓ ( $1,027 \pm 0,090 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $p < 0,05$ ). Στους εφήβους δεν εμφανίστηκε διαφορά μεταξύ KT, ΚΓ και sMLSS ( $1,315 \pm 0,068$ ,  $1,317 \pm 0,065$ ,  $1,297 \pm 0,056 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $p > 0,05$ ). Παιδιά και έφηβοι δεν ολοκλήρωσαν 30 λεπτά συνεχούς κολύμβησης στην KT ( $21,18 \pm 12,06$ ,  $25,66 \pm 7,44 \text{ min}$ ,  $p > 0,05$ ). Η [La] ήταν υψηλότερη στο τέλος της συνεχόμενης προσπάθειας στην KT συγκριτικά με τη sMLSS σε παιδιά και έφηβους (παιδιά: KT:  $4,0 \pm 1,8$ , sMLSS:  $3,4 \pm 1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $p < 0,05$ , έφηβοι: KT:  $4,5 \pm 2,3$ , sMLSS:  $3,1 \pm 0,8 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $p < 0,05$ ). Η  $VO_2$  ήταν παρόμοια κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην KT και τη sMLSS (KT, παιδιά:  $83,8 \pm 17,5$ , έφηβοι:  $81,3 \pm 15,0\%$  sMLSS, παιδιά:  $84,7 \pm 17,1$ , έφηβοι:  $73,1 \pm 9,8\%$  της  $VO_{2\text{peak}}$ ,  $p < 0,05$ ). Η ΚΣ ήταν υψηλότερη στη συνεχόμενη κολύμβηση στην KT συγκριτικά με τη sMLSS σε παιδιά και έφηβους ( $p < 0,05$ ). Κατά τη δοκιμασία 10x200-m οι κολυμβητές εμφάνισαν σταθερές φυσιολογικές ανταποκρίσεις μεταξύ επαναλήψεων. Η KT αντιστοιχεί στην

«πολύ έντονη» περιοχή άσκησης για παιδιά και έφηβους κολυμβητές και δεν αποτελεί ανεκτή ένταση στη συνεχόμενη κολύμβηση. Στη διαλειμματική κολύμβηση οι κολυμβητές διατηρούν την ΚΤ, εμφανίζοντας φυσιολογικές ανταποκρίσεις παρόμοιες με τη sMLSS.

Λέξεις κλειδιά: Κρίσιμη ταχύτητα, φυσιολογικές ανταποκρίσεις, διαλειμματική κολύμβηση, συνεχόμενη κολύμβηση.

## **PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF CONTINUOUS AND INTERMITTENT SWIMMING AT DIFFERENT EXERCISE INTENSITY DOMAINS**

The purpose of the study was to characterize the exercise intensity relative to critical speed (CS) during continuous and intermittent swimming. Twenty male swimmers (children,  $11.5 \pm 0.4$  years,  $n=10$  and adolescents  $15.8 \pm 0.7$  years,  $n=10$ ) participated in the study. CS was calculated from all-out 200 and 400-m efforts. Lactate threshold (LT) was calculated using an incremental step-test (7x200m). On separate days participants performed two to four constant-speed efforts with a maximum duration of 30 minutes at a speed corresponding to CS, 2% above or 2% below CS, for the determination of the speed at maximum lactate steady state (sMLSS). A 10x200-m intermittent swimming at CS (10x200) was also applied in a separate day. Lactate concentration ([La]), oxygen uptake ( $VO_2$ ) and heart rate (HR) were recorded in each test. In children, CS was similar to sMLSS ( $1.092 \pm 0.071 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  vs.  $1.083 \pm 0.065 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $p > 0.05$ ) but higher than LT ( $1.027 \pm 0.090 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $p < 0.05$ ). In adolescents, CS, LT and sMLSS were no different (CS:  $1.315 \pm 0.068$ , LT:  $1.317 \pm 0.065$ , sMLSS:  $1.297 \pm 0.056 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $p > 0.05$ ). Children and adolescents failed to complete 30 minutes of continuous swimming at CS ( $21.18 \pm 12.06$ ,  $25.66 \pm 7.44$  min respectively;  $p > 0.05$ ). [La] was higher at the end of continuous swimming at CS compared to sMLSS in both groups (children: CS:  $4.0 \pm 1.8$ , sMLSS:  $3.4 \pm 1.5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $p < 0.05$ ; adolescents: CS:  $4.5 \pm 2.3$ , sMLSS:  $3.1 \pm 0.8 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ;  $p < 0.05$ ).  $VO_2$  in continuous swimming at CS was no different compared to sMLSS (continuous, children:  $83.8 \pm 17.5$ , adolescents:  $81.3 \pm 15.0$ ,  $p < 0.05$ ; intermittent 10x200, children:  $84.7 \pm 17.1$ , adolescents:  $73.1 \pm 9.8\%$  of  $VO_{2\text{peak}}$ ,  $p < 0.05$ ). HR was higher in continuous swimming at CS compared to sMLSS in both groups. At intermittent swimming, swimmers presented steady physiological responses between 200-m repetitions. CS corresponds to “very heavy” exercise intensity and is not a tolerable intensity at continuous swimming. In intermittent swimming, swimmers maintain CS, with physiological responses similar to sMLSS.



Key words: Critical velocity, physiological responses, intermittent swimming, continuous swimming.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διατριβής...	iv
Έκφραση Ευχαριστιών.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract.....	viii
Πίνακας Περιεχομένων.....	x
Κατάλογος Σχημάτων.....	xiii
Κατάλογος Πινάκων.....	xv
Κατάλογος συμβόλων και συντομογραφιών.....	xvi
<b>I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	2
1.2 Σημασία της έρευνας.....	3
1.3 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις.....	3
1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας.....	4
1.5 Διευκρίνιση όρων.....	4
<b>II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....</b>	<b>6</b>
2.1 Κατώφλι γαλακτικού.....	6
2.2 Μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού.....	6
2.3 Κρίσιμη ταχύτητα.....	7
2.4 Περιοχές έντασης στην κολύμβηση.....	7
2.5 Προσδιορισμός του γαλακτικού κατωφλιού .....	9
2.6 Προσδιορισμός της μέγιστης σταθερής συγκέντρωσης γαλακτικού.....	12
2.7 Υπολογισμός της Κρίσιμης ταχύτητας.....	13
2.8 Φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε εντάσεις γύρω από την ΚΤ.....	17

2.9	Φυσιολογικές ανταποκρίσεις με διαφορετικούς συνδυασμούς αποστάσεων.....	21
2.10	Φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες.....	22
<b>III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....</b>		<b>25</b>
3.1	Συμμετέχοντες.....	25
3.2	Υπολογισμός Κρίσιμης Ταχύτητας .....	26
3.3	Υπολογισμός ταχύτητας στο Κατώφλι Γαλακτικού.....	27
3.4	Δοκιμασίες συνεχόμενης κολύμβησης σε διάφορες εντάσεις – υπολογισμός MLSS.....	27
3.5	Δοκιμασία διαλειμματικής κολύμβησης στην Κρίσιμη Ταχύτητα.....	28
3.6	Υπολογισμός μέγιστης κολυμβητικής ταχύτητας.....	29
3.7	Μέσα συλλογής των δεδομένων.....	29
3.8	Στατιστική ανάλυση.....	29
<b>IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>		<b>32</b>
4.1	Σύγκριση μεταξύ των δεικτών ικανότητας αντοχής.....	32
4.2	Συνεχόμενη και διαλειμματική κολυμβηση στην ΚΤ.....	35
4.2.1	Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση.....	35
4.2.2	Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ.....	38
<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>		<b>42</b>
5.1	Δείκτες ικανότητας αντοχής.....	42
5.2	Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ.....	43
5.3	Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ...	46
<b>VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>		<b>48</b>
<b>VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>		<b>50</b>

**VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... 61**

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 2.1.** Περιοχές έντασης της άσκησης στην κολύμβηση. Στο πλαίσιο κάθε περιοχής αναγράφονται οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση σε κάθε ένταση. Οι δείκτες ικανότητας αντοχής (1<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (1<sup>ο</sup> ΚΓ), 2<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (2<sup>ο</sup> ΚΓ) ή Μέγιστη Σταθερή Συγκέντρωση Γαλακτικού (MLSS), VO<sub>2</sub>max) οριοθετούν τις περιοχές έντασης. Η Κρίσιμη Ταχύτητα (KT) είναι πιθανό να βρίσκεται μεταξύ «πολύ έντονης» και «εξαντλητικής» περιοχής άσκησης..... 9
- Σχήμα 3.1.** Σχηματική απεικόνιση της πειραματικής διαδικασίας. Σε όλες τις δοκιμασίες κατεγράφη ο χρόνος, η συχνότητα χεριάς (ΣΧ), το μήκος χεριάς (ΜΧ), η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) και ο δείκτης υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης. (↑) αξιολόγηση συγκέντρωσης γαλακτικού [La]. ● )αξιολόγηση πρόσληψης οξυγόνου (VO<sub>2</sub>). (\*) αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων στη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (7x200), στη διαλειμματική κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT) (10x200) και στο 10<sup>ο</sup> λεπτό στις δοκιμασίες συνεχόμενης προσπάθειας..... 31
- Σχήμα 4.1.** Ταχύτητες που αντιστοιχούν στους δείκτες αερόβιας ικανότητας (μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (sVO<sub>2</sub>peak), μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS), κρίσιμη ταχύτητα (KT), 2<sup>ο</sup> κατώφλι γαλακτικού (2<sup>ο</sup> ΚΓ)) σε παιδιά και εφήβους. Το εύρος διαφοράς μεταξύ των δεικτών αερόβιας ικανότητας είναι περιορισμένο στους εφήβους (93,6-94,9% sVO<sub>2</sub>peak) σε σχέση με τα παιδιά (90,9-96,6% sVO<sub>2</sub>peak)..... 34
- Σχήμα 4.2.** Συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT, συνεχόμενη γραμμή) και τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS, διακεκομμένη γραμμή) για τα παιδιά (μπλε γραμμή) και τους εφήβους (κόκκινη γραμμή). \*:p<0,05 σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας σε όλα τα τεστ και στις δύο ομάδες, #:p<0,05 σε σχέση με τη συγκέντρωση γαλακτικού κατά την εξάντληση στην KT και στις δύο ομάδες. Δεν παρατηρείται διαφορά στη συγκέντρωση γαλακτικού από το 10<sup>ο</sup> λεπτό έως το τέλος της άσκησης..... 36
- Σχήμα 4.3.** Πρόσληψη οξυγόνου κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT, συνεχόμενη γραμμή) και τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS, διακεκομμένη γραμμή). \*:p<0,05 κατά το τέλος της προσπάθειας σε σχέση με το 10<sup>ο</sup> λεπτό στα παιδιά στην KT και τη sMLSS..... 37

- Σχήμα 4.4.** Μέση καρδιακή συχνότητα των τελευταίων 30 s πριν από κάθε διακοπή της προσπάθειας (10<sup>ο</sup> λεπτό και τέλος δοκιμασίας) στις δοκιμασίες συνεχόμενης κολύμβησης στην κρίσιμη ταχύτητα (KT, συνεχόμενη γραμμή) και τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS, διακεκομμένη γραμμή). Η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) ήταν σταθερή από το 10<sup>ο</sup> λεπτό έως το τέλος της προσπάθειας σε όλες τις δοκιμασίες. \*:p<0,05 μεταξύ παιδιών και εφήβων στο 10<sup>ο</sup> λεπτό και στο τέλος των προσπαθειών στην KT και τη sMLSS. #:p<0,05 μεταξύ KT και sMLSS στο 10<sup>ο</sup> λεπτό και στο τέλος της προσπάθειας και στις δύο ομάδες. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη..... 38
- Σχήμα 4.5.** Συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT). \*p<0,05 σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας (έναρξη) στα παιδιά. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη..... 39
- Σχήμα 4.6.** Πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT). \*:p<0,05 σε σχέση με τη 2<sup>η</sup> και την 4<sup>η</sup> επανάληψη στα παιδιά. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η VO<sub>2</sub>peak που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη..... 40
- Σχήμα 4.7.** Μέση Καρδιακή Συχνότητα των τελευταίων 30 s στο τέλος κάθε επανάληψης κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής κολύμβησης στην κρίσιμη ταχύτητα (KT). \*:p<0,05 σε σχέση με την 1<sup>η</sup> επανάληψη. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη..... 41

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 2.1.</b>	Πρωτόκολλα που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του γαλακτικού κατωφλιού (ΚΓ).....	13
<b>Πίνακας 2.2.</b>	Σύνοψη μελετών που αναφέρουν φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση σε εντάσεις γύρω από την κρίσιμη ταχύτητα (ΚΤ). (Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες).....	19
<b>Πίνακας 2.3.</b>	Σύνοψη μελετών που αναφέρουν φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση σε εντάσεις γύρω από την κρίσιμη ταχύτητα (ΚΤ). (Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες).....	20
<b>Πίνακας 4.1.</b>	Κρίσιμη ταχύτητα (ΚΤ), ταχύτητα στο 2 <sup>ο</sup> ΚΓ (2 <sup>ο</sup> ΚΓ), ταχύτητα στο MLSS (sMLSS), μέγιστη κολυμβητική ταχύτητα (sMAX), VO <sub>2</sub> peak, ταχύτητα στα 400 (v400) και στα 200 (v200) μέτρα για παιδιά και εφήβους. Μέση τιμή ± τυπική απόκλιση.....	33

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

KT	Κρίσιμη ταχύτητα
KΓ	Κατώφλι γαλακτικού
2° KΓ	2° Κατώφλι γαλακτικού
MLSS	Μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού
sMLSS	Ταχύτητα στη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού
VO <sub>2</sub> peak	Κορυφαία τιμή Πρόσληψης Οξυγόνου (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
sVO <sub>2</sub> peak	Ταχύτητα που αντιστοιχεί στη Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου
[La]	Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol·l <sup>-1</sup> )
VO <sub>2</sub>	Πρόσληψη οξυγόνου (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
KΣ	Καρδιακή συχνότητα (beats·min <sup>-1</sup> )
KΣmax	Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (beats·min <sup>-1</sup> )



## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την αξιολόγηση και τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας χρησιμοποιούνται περιοχές έντασης οι οποίες οριοθετούνται από δείκτες της ικανότητας αντοχής (Dekerle & Pelayo, 2011). Οι περιοχές έντασης διαχωρίζονται από δείκτες όπως το Κατώφλι Γαλακτικού (ΚΓ), η Μέγιστη Σταθερή Συγκέντρωση Γαλακτικού (MLSS) και η Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ; Dekerle et al., 2011; Toubekis & Tokmakidis, 2013). Ένας επιπλέον δείκτης αερόβιας αντοχής, με εύκολο και γρήγορο υπολογισμό είναι η Κρίσιμη Κολυμβητική Ταχύτητα (ΚΤ) (Wakayoshi et al., 1992; Toussaint, Wakayoshi, Hollander, & Ogita, 1998), που βασίζεται στη θεωρία της Κρίσιμης Δύναμης ( $W_{crit}$ ), και θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στην ένταση που μπορεί να διατηρηθεί χωρίς να επέλθει εξάντληση (Monod & Scherrer, 1965). Σε αντιστοιχία με την Κρίσιμη Δύναμη, Κρίσιμη Κολυμβητική Ταχύτητα θεωρείται η ταχύτητα που μπορεί να διατηρήσει ο κολυμβητής χωρίς να εξαντλείται (Wakayoshi et al., 1992; Wakayoshi et al., 1992). Ωστόσο, νεότερες μελέτες έχουν δείξει ότι η ΚΤ δεν αντιστοιχεί σε ανεκτή ένταση και δεν μπορεί να διατηρηθεί για μεγάλη χρονική διάρκεια - πάνω από 30-40 λεπτά - (Dekerle, Brickley, Albery, & Pelayo, 2010). Από πολλούς ερευνητές έχει θεωρηθεί ότι η ΚΤ μπορεί να είναι κατάλληλη για αερόβια προπόνηση σε ενήλικες (Wakayoshi et al., 1993) και σε νέους κολυμβητές (Fernandes & Vilas-Boas, 1999). Για να μπορέσουν, όμως, οι προπονητές να χρησιμοποιήσουν την ΚΤ στην προπόνηση για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των κολυμβητών, πρέπει να προσδιορισθεί σε ποια περιοχή έντασης ανήκει η ΚΤ. Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαίο να διευκρινισθούν οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις των κολυμβητών σε εντάσεις που αντιστοιχούν σε ταχύτητες υψηλότερες ή χαμηλότερες από την ΚΤ. Πολλές έρευνες έχουν μελετήσει τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση με ταχύτητα που αντιστοιχεί στην ΚΤ για να εξετάσουν τη χρησιμότητά της στην προπόνηση (Dekerle, 2006; Dekerle et al., 2010; Dekerle et al., 2005; Dekerle, Sidney, Hespel, & Pelayo, 2002; Filipatou, Toubekis, Douda, Piliandis, &

Tokmakidis, 2006; Ribeiro, Lima, & Gobatto, 2010; Toubekis, Tsami, Smilios, Doua, & Tokmakidis, 2011). Ωστόσο, στη βιβλιογραφία δεν έχει αποσαφηνισθεί σε ποια ακριβώς περιοχή έντασης αντιστοιχεί η ΚΤ, καθώς δεν έχει αξιολογηθεί η πρόσληψη οξυγόνου κατά την κολύμβηση σε αυτή την ένταση και σε πολλές από τις μελέτες δεν έχει συγκριθεί η ΚΤ με το MLSS το οποίο θεωρείται το κριτήριο σύγκρισης για τον ορθό υπολογισμό του δεύτερου γαλακτικού κατωφλιού. Μεταξύ των ηλικιών παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στις μεταβολικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική και συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ. Κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ τα παιδιά φαίνεται να εμφανίζουν σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού ενώ στους εφήβους η συγκέντρωση γαλακτικού αυξάνει προοδευτικά (Filipatou et al., 2006). Αντίστοιχα και στη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ, τα παιδιά εμφανίζουν χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού (Greco and Denadai, 2005) σε σχέση με τους εφήβους (Zacca, Fernandes, Pyne, & Castro, 2016). Με τα έως τώρα δεδομένα, είναι πιθανό η ΚΤ να αποτελεί ένα νέο διακριτό όριο στις περιοχές έντασης στην κολύμβηση (Dekerle et al., 2011). Παρόλα αυτά, επειδή η εκτίμηση αυτή στηρίζεται κυρίως σε δεδομένα χρόνου εξάντλησης και συγκέντρωσης γαλακτικού, είναι απαραίτητο να διατίθενται πληροφορίες και για την πρόσληψη οξυγόνου, με ταυτόχρονο προσδιορισμό του MLSS, για την ασφαλή οριοθέτηση των περιοχών έντασης.

### **1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος**

Οι δείκτες ικανότητας αντοχής χρησιμοποιούνται τόσο για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας των κολυμβητών όσο και για τη βελτίωσή της. Ωστόσο, προκειμένου οι προπονητές να γνωρίζουν τις προσαρμογές που επιτυγχάνονται κατά την άσκηση, πρέπει να διευκρινισθούν οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση σε διάφορες περιοχές έντασης (Dekerle, 2006). Παρόλο που για τους περισσότερους δείκτες αερόβιας ικανότητας (ΚΓ, MLSS,  $VO_2max$ ) έχουμε αρκετά δεδομένα και οι ερευνητές έχουν «τοποθετήσει» αυτούς τους δείκτες μεταξύ των περιοχών έντασης (Toubekis et al., 2013), δεν μπορούμε να

καταλήξουμε με βεβαιότητα την περιοχή έντασης στην οποία εντοπίζεται η ΚΤ και αν διαφέρει μεταξύ κολυμβητών διαφορετικών ηλικιών, λόγω της έλλειψης δεδομένων όσον αφορά την κατανάλωση οξυγόνου κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση σε αυτή την ταχύτητα. Επιπλέον για την ασφαλή οριοθέτηση των περιοχών έντασης είναι αναγκαίος ο ταυτόχρονος προσδιορισμός του MLSS.

### 1.2 Σημασία της έρευνας

Από τα αποτελέσματα της μελέτης θα αποκτήσουμε πολύ σημαντικά δεδομένα για τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις (πρόσληψη οξυγόνου – συγκέντρωση γαλακτικού) κατά τη διαλειμματική και συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ σε παιδιά και εφήβους. Με τα δεδομένα αυτά είναι δυνατό να προσδιοριστεί η περιοχή έντασης στην οποία εντοπίζεται η ΚΤ σε παιδιά και εφήβους κολυμβητές.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση σε εντάσεις γύρω από την Κρίσιμη Ταχύτητα (ΚΤ) σε παιδιά και εφήβους κολυμβητές για να οριστεί η περιοχή έντασης στην οποία εντοπίζεται η ΚΤ.

### 1.3 Ερευνητικές υποθέσεις

Οι ερευνητικές υποθέσεις που θα εξετάσουμε είναι:

- α) Οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις ( $[La]$ ,  $VO_2$ ) κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ θα είναι υψηλότερες απ' ό τι στη sMLSS και στις δύο ομάδες.
- β) Οι συγκέντρωση γαλακτικού ( $[La]$ ) στα παιδιά θα είναι χαμηλότερη συγκριτικά με τους εφήβους.
- γ) Κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ, παιδιά και έφηβοι θα εμφανίσουν σταθερές φυσιολογικές ανταποκρίσεις.
- δ) Η ΚΤ θα αντιστοιχεί σε υψηλότερη περιοχή έντασης σε σχέση με το MLSS και το ΚΓ και στις δύο ηλικιακές ομάδες.

#### 1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας

Τα ευρήματα της μελέτης οριοθετούνται από το γεγονός ότι στη μελέτη θα συμμετείχαν κολυμβητές από συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες (παιδιά: 10-12 ετών, έφηβοι: 15-17 ετών) που έχουν προπονητική εμπειρία τουλάχιστον 2 χρόνια για τα παιδιά και τουλάχιστον 4 χρόνια για τους εφήβους.

Η μελέτη διεξήχθη κατά την περίοδο ειδικής προετοιμασίας των αθλητών.

Στην έρευνα συμμετείχαν μόνο άρρενες κολυμβητές.

Όλες οι δοκιμασίες διεξήχθησαν σε κλειστό κολυμβητήριο 25 μέτρων.

Η ταχύτητα και η συγκέντρωση γαλακτικού στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ υπολογίστηκε από δοκιμασία 7X200.

Τα αποτελέσματα δεν θα μπορούν να γενικευθούν σε άτομα με διαφορετική ηλικία από αυτή των συμμετεχόντων και δεν θα μπορεί να γενικευθεί σε γυναικείο πληθυσμό.

Περιορισμοί της μελέτης:

Η συλλογή εκπνεόμενου αέρα έγινε κατά την αποκατάσταση μετά από κάθε προσπάθεια.

Η ΚΤ υπολογίστηκε από δύο αποστάσεις με το μαθηματικό μοντέλο 2 παραμέτρων και είναι πιθανό να προκύψει διαφορετική τιμή εάν υπολογιστεί από άλλες αποστάσεις ή με διαφορετικό μοντέλο.

Οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν σε κολυμβητήριο 25 μέτρων.

Η συχνότητα και το μήκος χεριάς υπολογίστηκαν μετά από χρονομέτρηση τριών κύκλων χεριών και όχι με βιντεοσκόπηση.

#### 1.5 Διευκρίνιση όρων

Κρίσιμη Ταχύτητα: Δείκτης αερόβιας ικανότητας, εύκολος στον υπολογισμό του, που προκύπτει από την κλίση της ευθείας που εκφράζει τη σχέση απόστασης και χρόνου κολύμβησης (Wakayoshi et al., 1992).

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου: Ο ανώτατος όγκος οξυγόνου, που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου. Υποδηλώνει τη μέγιστη ταχύτητα παροχής μυϊκής ενέργειας από τον αερόβιο μηχανισμό και αποτελεί μετρήσιμη ποσότητα της αερόβιας ικανότητας (Κλεισούρας, 2011).

Κατώφλι Γαλακτικού: Δείκτης αερόβιας ικανότητας. Προκύπτει από δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης, όπου γίνεται λήψη αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού μετά από κάθε προσπάθεια. Στην καμπύλη γαλακτικού, στο σημείο όπου παρατηρείται η πρώτη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού, αντιστοιχεί το 1ο ή «Κατώφλι γαλακτικού» και στο σημείο που παρατηρείται απότομη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού, αντιστοιχεί το 2ο ή «Κατώφλι γαλακτικού» (Faude et al., 2009).

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1 Κατώφλι γαλακτικού

Το Κατώφλι Γαλακτικού (ΚΓ) χρησιμοποιείται συχνά ως κριτήριο αξιολόγησης της αερόβιας ικανότητας των αθλητών (Billat, 1996) και για τον εντοπισμό αλλαγών στη φυσική τους κατάσταση (Pyne et al., 2001). Υπολογίζεται μετά από δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης με λήψη αίματος μετά από κάθε προσπάθεια για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού, ώστε να προκύψει η καμπύλη που εκφράζει τη σχέση μεταξύ ταχύτητας και συγκέντρωσης γαλακτικού (Pyne et al., 2001). Αξιολογώντας την καμπύλη αυτή, παρατηρούνται δύο σημεία όπου αυξάνεται η συγκέντρωση γαλακτικού. Σε αυτά τα σημεία εντοπίζονται το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (1<sup>ο</sup> ΚΓ – 2<sup>ο</sup> ΚΓ; Faude, Kindermann, & Meyer, 2009; Kindermann, Simon, & Keul, 1979; Yoshida, Chida, Ichioka, & Suda, 1987). Η μέθοδος υπολογισμού των γαλακτικών κατωφλίων θα αναλυθεί λεπτομερώς στη συνέχεια. Το ΚΓ αντικατοπτρίζει την οξειδωτική ικανότητα των μυών και συνήθως παρατηρείται περίπου στο 80% της  $\dot{V}O_{2max}$  ή στο 90% της ταχύτητας των 200 μέτρων σε ελίτ κολυμβητές (Pyne et al., 2001; Roels et al., 2005) και σχετίζεται σημαντικά με την απόδοση σε αγωνίσματα μεσαίων αποστάσεων (Cellini et al., 1986).

### 2.2 Μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού

Ένας επιπλέον δείκτης αερόβιας ικανότητας είναι η ταχύτητα κατά την οποία παρατηρείται η μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού κατά την άσκηση (MLSS; Beneke, 1995; LaFontaine, Londeree, & Spath, 1980). Η σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού είναι αποτέλεσμα του σταθερού ρυθμού παραγωγής και απομάκρυνσης του γαλακτικού (Beneke, 1995). Το MLSS είναι χαμηλότερο στην κολύμβηση (~3 mmol·l<sup>-1</sup>) σε σχέση με άλλες δραστηριότητες που παίρνει τιμές 4-7 mmol·l<sup>-1</sup> (Dekerle, Baron, Dupont, Vanvelcenaher, & Pelayo, 2003) κάτι που οφείλεται στη μικρότερη μυϊκή μάζα που χρησιμοποιείται στην κολύμβηση (Beneke, Leithauser, & Hutler, 2001). Σε κορυφαίους δρομείς φαίνεται να βρίσκεται στο 85-90% της  $\dot{V}O_{2max}$  (Billat,

Sirvent, Lepretre, & Koralsztein, 2004) όπως και σε κολυμβητές (~ 86% της  $VO_{2max}$  ή 88% της ταχύτητας των 400 μέτρων; Dekerle et al., 2005).

### 2.3 Κρίσιμη ταχύτητα

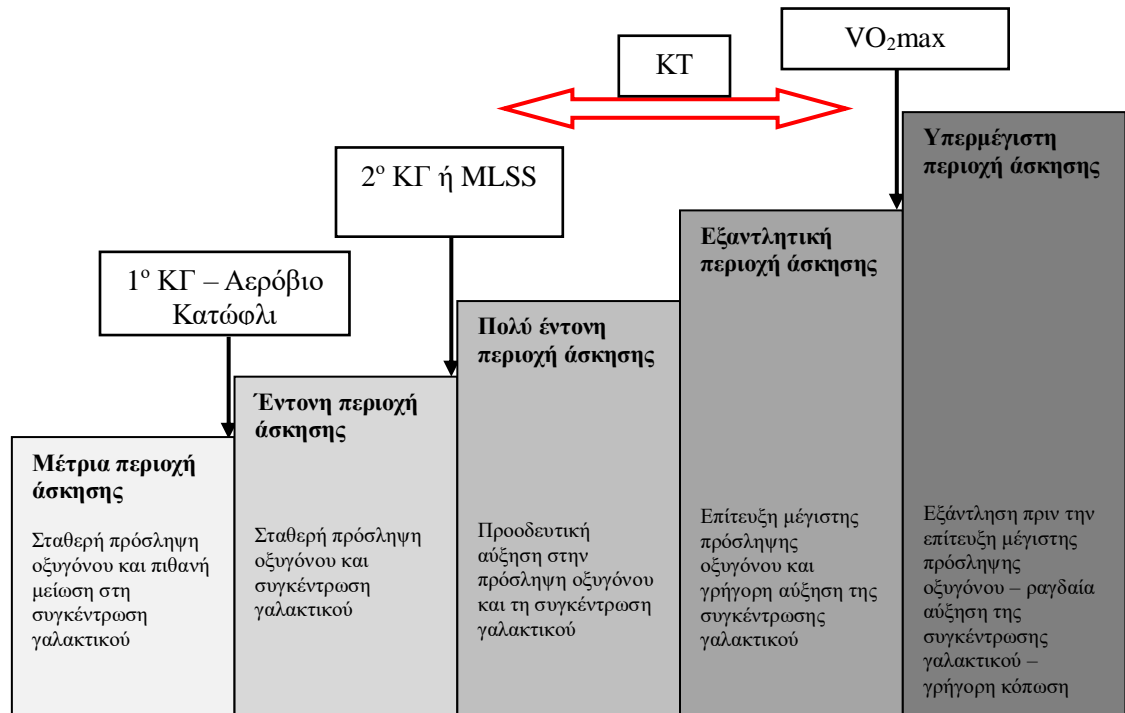
Σε αντίθεση με τους προαναφερθέντες δείκτες αερόβιας ικανότητας για τον υπολογισμό των οποίων απαιτούνται πολλαπλές αιμοληψίες, εξειδικευμένες γνώσεις και χρονοβόρες δοκιμασίες, η ΚΤ φαίνεται να αποτελεί έναν πρακτικό και εύκολο τρόπο αξιολόγησης της αερόβιας ικανότητας των αθλητών (Toubekis, Tsami, Smilios, Douda, & Tokmakidis, 2011; Wakayoshi et al., 1992). Για τον υπολογισμό της χρειάζεται να πραγματοποιηθούν δύο ή περισσότερες προσπάθειες κολύμβησης μέγιστης έντασης. Διάφοροι συνδυασμοί αποστάσεων για τον υπολογισμό της ΚΤ έχουν χρησιμοποιηθεί σε αρκετές μελέτες (Costa et al., 2009; Dekerle et al., 2010; Dekerle et al., 2011; Wakayoshi et al., 1992; Zacca et al., 2010). Από την κλίση της ευθείας που εκφράζει τη σχέση απόστασης - χρόνου κολύμβησης προκύπτει η ΚΤ (γραμμικό μοντέλο 2 παραμέτρων; Wakayoshi et al., 1992). Επιπλέον, έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλα μαθηματικά μοντέλα για τον υπολογισμό της ΚΤ (3 ( $KT_{3par}$ ) και 4 ( $KT_{4par}$ ) παραμέτρων), τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο. Αρχικά, θεωρούνταν ότι η ΚΤ αντιστοιχεί σε μια ανεκτή ένταση, όπου οι κολυμβητές μπορούν να τη διατηρήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να εξαντλούνται (Wakayoshi et al., 1992). Ωστόσο, νεότερα δεδομένα αποδεικνύουν ότι η ΚΤ δεν αποτελεί ανεκτή ένταση (Dekerle et al., 2011).

### 2.4 Περιοχές έντασης στην κολύμβηση

Οι περιοχές έντασης της άσκησης που χρησιμοποιούνται στην κολύμβηση οριοθετούνται από τους παραπάνω δείκτες αερόβιας ικανότητας (Σχήμα 2.1). Όλοι οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας των αθλητών σε πολλά ατομικά αθλήματα, συμπεριλαμβανομένης και της κολύμβησης (Dekerle et al., 2011). Επίσης, φαίνεται ότι παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι Chatard και Wilson (2003) βρήκαν ότι η MLSS συσχετίζεται

αρκετά υψηλά με την ΚΤ ( $r=0,87$ ), ενώ παλαιότερη μελέτη έδειξε υψηλότερη συσχέτιση ( $r=0,91$ ; Wakayoshi et al., 1993). Υψηλή συσχέτιση παρουσιάζεται μεταξύ ΚΤ και ΚΓ ( $r=0,90$ ; Toubekis et al., 2006). Ωστόσο, δεν παρατηρείται υψηλή συσχέτιση μεταξύ ΚΤ και  $VO_2max$  ( $r=0,32$ ,  $r=0,48$ ; Wakayoshi et al., 1992; Wakayoshi et al., 1993). Να σημειωθεί, όμως, ότι η υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δεικτών δε σημαίνει ότι οριοθετούν και τις ίδιες περιοχές έντασης. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.1, το 1<sup>ο</sup> ΚΓ είναι το όριο μεταξύ μέτριας και έντονης περιοχής άσκησης, το MLSS αποτελεί το όριο μεταξύ έντονης και πολύ έντονης άσκησης και η  $VO_2max$  το όριο μεταξύ εξαντλητικής και υπερμέγιστης περιοχής άσκησης (Dekerle et al., 2011; Toubekis et al., 2013). Από αρκετές μελέτες που έχουν αξιολογήσει τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση στην ΚΤ, φαίνεται ότι η ΚΤ βρίσκεται μεταξύ πολύ έντονης και εξαντλητικής περιοχής άσκησης (Dekerle et al., 2011; Toubekis et al., 2013). Ωστόσο αυτό προκύπτει από αξιολόγηση κυρίως των μεταβολικών ανταποκρίσεων (συγκέντρωση γαλακτικού), καθώς δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να έχουν μετρήσει την πρόσληψη οξυγόνου κατά την κολύμβηση στην ΚΤ. Για μια ακριβέστερη τοποθέτηση όσον αφορά την περιοχή έντασης που αντιστοιχεί η ΚΤ είναι αναγκαίο να διατίθενται δεδομένα τόσο για τη συγκέντρωση γαλακτικού όσο και για την πρόσληψη οξυγόνου κατά την κολύμβηση σε αυτή την ταχύτητα. Επιπλέον, για την ασφαλή οριοθέτηση των περιοχών έντασης, χρειάζεται να υπολογίζεται και το MLSS. Ωστόσο, στις έως τώρα μελέτες, δεν έχει υπολογιστεί ταυτόχρονα η ΚΤ και η sMLSS, ή η sMLSS έχει υπολογιστεί από διαλειμματική και όχι συνεχόμενη κολύμβηση (Wakayoshi et al., 1993). Οι ερευνητές θεωρούν ότι η ΚΤ είναι πιθανό να αποτελεί το όριο μεταξύ πολύ έντονης και εξαντλητικής έντασης άσκησης (Dekerle & Pelayo, 2011). Επίσης, η ΚΤ είναι πιθανό να αντιστοιχεί και σε διαφορετική περιοχή έντασης μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών ομάδων.





**Σχήμα 2.1.** Περιοχές έντασης της άσκησης στην κολύμβηση. Στο πλαίσιο κάθε περιοχής αναγράφονται οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση σε κάθε ένταση. Οι δείκτες ικανότητας αντοχής (1<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (1<sup>ο</sup> ΚΓ), 2<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (2<sup>ο</sup> ΚΓ) ή Μέγιστη Σταθερή Συγκέντρωση Γαλακτικού (MLSS), VO<sub>2</sub>max) οριοθετούν τις περιοχές έντασης. Η Κρίσιμη Ταχύτητα (ΚΤ) είναι πιθανό να βρίσκεται μεταξύ «πολύ έντονης» και «εξαντλητικής» περιοχής άσκησης.

## 2.5 Προσδιορισμός του γαλακτικού κατώφλιού

Το Κατώφλι Γαλακτικού αποτελεί έναν από τους πιο αξιόπιστους δείκτες για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας και υπολογίζεται από την καμπύλη γαλακτικού που προκύπτει από δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (Faude et al., 2009). Τόσο η καμπύλη γαλακτικού συνολικά όσο και οι δείκτες που προκύπτουν από αυτή (1<sup>ο</sup> ΚΓ – 2<sup>ο</sup> ΚΓ), χρησιμοποιούνται από τους προπονητές για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας των αθλητών και για τον προσδιορισμό της έντασης των προπονητικών προγραμμάτων (Faude et al., 2009). Στην καμπύλη γαλακτικού παρατηρούνται δύο σημεία όπου αυξάνεται η συγκέντρωση γαλακτικού. Στο σημείο που παρατηρείται η πρώτη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού πάνω από τις

αρχικές τιμές αντιστοιχεί το 1<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (1<sup>ο</sup> ΚΓ) (Kindermann et al., 1979). Την πρώτη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού οι ερευνητές την τοποθετούν σε αύξηση από τα επίπεδα ηρεμίας κατά 0,2 mmol·l<sup>-1</sup> (Weltman et al., 1987) ή κατά 0,5 mmol·l<sup>-1</sup> (Hughson & Green, 1981). Καθώς αυξάνει η ένταση συνεχίζει να αυξάνει και η συγκέντρωση γαλακτικού. Στο σημείο όπου παρατηρείται ταχεία αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού εντοπίζεται το «αναερόβιο κατώφλι» (ΚΓ<sub>αναερ</sub>) ή 2<sup>ο</sup> Κατώφλι Γαλακτικού (2<sup>ο</sup> ΚΓ) (Faude et al., 2009; Kinderman et al., 1979) που αρχικά θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στα 4 mmol·l<sup>-1</sup>, ως το ανώτατο όριο συγκέντρωσης γαλακτικού που μπορεί να διατηρηθεί σταθερό κατά τη συνεχόμενη παραγωγή έργου (Mader et al., 1976). Αυτό φάνηκε ότι δεν λάμβανε υπόψη ατομικές διαφορές των αθλητών και έτεινε να υποτιμά ή να υπερτιμά την πραγματική αερόβια ικανότητά τους (Stegmann & Kindermann, 1982; Stegmann, Kindermann, & Schnabel, 1981). Για αυτό το λόγο έχει καθιερωθεί πλέον να χρησιμοποιούμε την εκτίμηση του Kinderman και συνεργατών (1979), αποδεχόμενοι ότι το 2<sup>ο</sup> ΚΓ βρίσκεται στο σημείο όπου παρατηρείται απότομη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού (Kinderman et al., 1979). Η υψηλότερη ένταση όπου παρατηρείται αυτή ισορροπία αντιπροσωπεύει τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (MLSS; Faude et al., 2009; Kindermann et al., 1979; Stegmann et al., 1981). Για τον προσδιορισμό των δύο γαλακτικών κατωφλιών έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά κατηγοριοποιούνται σε μοντέλα παρατήρησης και μαθηματικά. Τα μοντέλα παρατήρησης αφορούν την οπτική παρατήρηση της καμπύλης γαλακτικού και την τοποθέτηση του 1<sup>ου</sup> ΚΓ στο σημείο που παρατηρείται η πρώτη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού και του 2<sup>ου</sup> ΚΓ στο σημείο που παρατηρείται απότομη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού (Faude et al., 2009). Για μεγαλύτερη εγκυρότητα της μεθόδου είναι προτιμότερο η αξιολόγηση του γαλακτικού κατωφλιού να γίνεται από δύο ερευνητές και σε περίπτωση που διαφέρουν σημαντικά οι τιμές μεταξύ των ερευνητών, να καταλήγουν από κοινού στην τελική αξιολόγηση. Η οπτική παρατήρηση έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για την

αξιολόγηση του 1<sup>ου</sup> ΚΓ καθώς για την αξιολόγηση του 2<sup>ου</sup> ΚΓ έχουν χρησιμοποιηθεί και μαθηματικά μοντέλα. Αρχικά, ο Berg και συνεργάτες (1980) όρισαν το 2<sup>ο</sup> ΚΓ ως το σημείο τομής της ευθείας που περνά από τη χαμηλότερη τιμή γαλακτικού στην καμπύλη γαλακτικού και της γραμμικής τάσης που προκύπτει από τα τελευταία 90 s του διαλειμματικού πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του ΚΓ (Berg, Stippig, Keul, & Huber, 1980). Η μέθοδος Dmax προτείνει τον εντοπισμό του ΚΓ στο σημείο όπου παρατηρείται η μέγιστη κάθετη απόσταση της καμπύλης γαλακτικού από την ευθεία που ενώνει την αρχή με το τέλος της (Cheng et al., 1992). Τέλος, το 2<sup>ο</sup> ΚΓ μπορεί να υπολογιστεί και από το σημείο τομής ενός συνδυασμένου ζεύγους παλινδρομήσεων (γραμμικής και εκθετικής), προσδιορίζοντας έτσι το ακριβές σημείο όπου ξεκινά μια εκθετική αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού (Fernandes et al., 2005; Fernandes et al., 2010). Στη βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί διάφορα πρωτόκολλα για τον προσδιορισμό του ΚΓ, που μεταξύ τους παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μεθοδολογικά προβλήματα όσον αφορά την εγκυρότητα των πρωτοκόλλων (Bentley, Newell, & Bishop, 2007). Τα πρωτόκολλα αυτά εμφανίζονται στον Πίνακα 2.1 και οι διαφορές που παρουσιάζουν μεταξύ τους αφορούν την απόσταση και την ένταση σε κάθε επανάληψη, τον αριθμό των επαναλήψεων, το συνολικό χρόνο της δοκιμασίας και το διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων. Αυτό που χρησιμοποιείται πιο συχνά για τους κολυμβητές είναι το πρωτόκολλο που περιλαμβάνει 7 προσπάθειες 200 μέτρων (7X200 μ). Προκειμένου να γίνεται έγκυρη αξιολόγηση του ΚΓ από τους προπονητές, υπάρχουν ορισμένες μεθοδολογικές συστάσεις για το σχεδιασμό των πρωτοκόλλων. Συγκεκριμένα: 1) χαμηλότερη ένταση από το ΚΓ για τις τρεις πρώτες επαναλήψεις, 2) διάρκεια επανάληψης 3-5 λεπτά, 3) διάρκεια πρωτοκόλλου όχι μεγαλύτερη από 30 λεπτά, 4) η αύξηση της ταχύτητας μεταξύ των επαναλήψεων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρή για μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό του ΚΓ, 5) δεν είναι απαραίτητο η δοκιμασία να γίνει μέχρι εξάντλησης (Dekerle et al., 2011).

## 2.6 Προσδιορισμός της μέγιστης σταθερής συγκέντρωσης γαλακτικού

Η μέθοδος υπολογισμού του MLSS είναι απλούστερη συγκριτικά με τα πρωτόκολλα προσδιορισμού των γαλακτικών κατωφλιών, ωστόσο απαιτούνται τουλάχιστον δύο χρονοβόρες δοκιμασίες με αρκετές αιμοληψίες. Συγκεκριμένα, απαιτούνται 2-4 προσπάθειες συνεχόμενης κολύμβησης διάρκειας 30 λεπτών με σταθερή ταχύτητα, με τουλάχιστον μία ημέρα διαφορά μεταξύ των δοκιμασιών (Dekerle et al., 2011). Η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα καταγράφεται στο 10<sup>ο</sup> λεπτό και στο τέλος της δοκιμασίας (Beneke, 1995). Ως MLSS θεωρείται η υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού που δεν αυξάνεται περισσότερο από 1 mmol·l<sup>-1</sup> κατά τα τελευταία 20 λεπτά της δοκιμασίας σε σχέση με τα πρώτα 10 λεπτά (Beneke, 1995). Ιδιαίτερη σημασία για την αξιοπιστία της μέτρησης πρέπει να δίνεται στην ταχύτητα κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας η οποία πρέπει να παραμένει σταθερή (Dekerle et al., 2011). Το μοναδικό μεθοδολογικό ζήτημα που φαίνεται να απασχολεί τους ερευνητές είναι το κριτήριο αύξησης της συγκέντρωσης γαλακτικού μεταξύ 10<sup>ου</sup> και 30<sup>ου</sup> λεπτού (1 mmol·l<sup>-1</sup>). Το κριτήριο αυτό θεωρείται υψηλό σε σχέση με τις μέσες τιμές που παίρνει το MLSS (Dekerle et al., 2005; Dekerle et al., 2005), γι' αυτό ορισμένοι ερευνητές προτείνουν το κριτήριο αυτό να μειωθεί σε 0,5 mmol·l<sup>-1</sup> (Dekerle et al., 2011). Ωστόσο, οι έως τώρα μελέτες χρησιμοποιούν το 1 mmol·l<sup>-1</sup> ως κριτήριο αύξησης μεταξύ των δύο δειγματοληψιών για τον προσδιορισμό του MLSS.

**Πίνακας 2.1.** Πρωτόκολλα που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του γαλακτικού κατωφλιού (KT).

Πρωτόκολλο	Μελέτες
5x200 μ., αύξηση ταχύτητας κατά 0,05 m·s <sup>-1</sup> σε κάθε επανάληψη με 1 min αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων	Fernandes et al., 2003; Fernandes et al., 2005; Fernandes et al., 2010
4x200 μ. 80-85-90-100% της μέγιστης ταχύτητας των 200 μ. με 15s αποκατάσταση	Toubekis et al., 2006; Toubekis et al., 2011
7x200 μ., κάθε επανάληψη 30s πιο γρήγορα από την προηγούμενη, εκκίνηση κάθε 5 min	Greco et al., 2013; Pyne et al., 2001; Tsekouras et al., 2005
5x300 μ., -10, -5, 0, +5, +10% της ταχύτητας των 1500 μέτρων με 1 min αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων	Martin et al., 2000
5x200 μ., 80-84-88-92-96% της ταχύτητας των 200 μ. με 1 min αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων	Mezzaroba et al., 2014
5x200 μ., κάθε επανάληψη 5-10% πιο γρήγορα από την προηγούμενη, 15 s αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων	Roels et al., 2005

## 2.7 Υπολογισμός της Κρίσιμης ταχύτητας

Οι Monod και Scherrer (1965) διαπίστωσαν μια γραμμική σχέση μεταξύ του συνολικού παραγόμενου έργου που εκτελέστηκε σε κάθε ένταση άσκησης και της διάρκειας της άσκησης. Οι ίδιοι όρισαν ως κρίσιμη δύναμη την ένταση άσκησης που μπορεί να διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς εξάντληση (Monod et al., 1965). Η κρίσιμη δύναμη ισοδυναμούσε με την κλίση της ευθείας που εξέφραζε τη σχέση συνολικού έργου / χρόνο εξάντλησης (Monod et al., 1965). Από τη θεωρία αυτή, ο Wakayoshi και συνεργάτες (1992) υπολόγισαν ότι η KT είναι η ταχύτητα που θεωρητικά μπορεί να διατηρηθεί από τους κολυμβητές για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, βασισμένοι στην παρακάτω μαθηματική απόδειξη: η ταχύτητα

πολλαπλασιασμένη με το χρόνο πάνω από τον οποίο ο κολυμβητής δεν μπορεί να συνεχίσει την προσπάθεια, δίνει την απόσταση:

$$\text{distance}=\text{velocity}*\text{time} \quad (1)$$

Η εξίσωση που προκύπτει από τη γραμμή παλινδρόμησης της απόστασης και του χρόνου μπορεί να εκφραστεί ως:

$$d=a+b*t \quad (2)$$

(d: απόσταση, v: ταχύτητα, t: χρόνος, a:τομή της ευθείας στον οριζόντιο άξονα του χρόνου, b:κλίση της ευθείας). Από την εξίσωση (1) το d μπορεί να αντικατασταθεί από v\*t και έτσι προκύπτει:

$$v*t=a+b*t \quad (3)$$

$$v=a/t+b \quad (4)$$

Θεωρητικά, αν μπορούσε να ρυθμιστεί η ταχύτητα σε ένα επίπεδο που θα μπορούσε να διατηρηθεί επ' αόριστον, το a/t θα προσέγγιζε το μηδέν (0) και συνεπώς, η ταχύτητα θα ισοδυναμούσε με το b (Wakayoshi et al., 1992). Γι' αυτό η KT μπορεί να υπολογισθεί από την κλίση της ευθείας που εκφράζει τη σχέση απόστασης - χρόνου κολύμβησης ( $v_{crit}=b$ ) (2-parameter linear model of distance vs. time; Wakayoshi et al., 1992). Η KT μπορεί να προσδιοριστεί και με άλλα μαθηματικά μοντέλα. Έχει αποδειχθεί ότι και το μοντέλο τριών παραμέτρων (3-parameter:  $KT_{3-par}$ ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κολυμβητές (Zacca et al., 2010), όπως επίσης και το μοντέλο τεσσάρων παραμέτρων (4-parameter:  $KT_{4-par}$ ; Zacca et al., 2016). Το  $KT_{3-par}$  απαιτεί τουλάχιστον 3 αποστάσεις για τον υπολογισμό της KT (Morton, 1996), και συνυπολογίζει την ικανότητα παραγωγής ενέργειας από αναερόβιες πηγές για τον προσδιορισμό της KT (Morton, 1996). Με τον τρόπο αυτό θεωρήθηκε ότι διορθώνεται η υπερεκτίμηση της κρίσιμης ταχύτητας (Morton, 1996). Το μοντέλο  $KT_{4-par}$  συνυπολογίζει 4 παραμέτρους για τον υπολογισμό της KT: KT (δείκτης αερόβιας ικανότητας), αναερόβια ικανότητα (anaerobic distance capacity – ADC) που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόσταση που μπορεί να καλύψει ο κολυμβητής με παραγωγή ενέργειας κυρίως από τα αναερόβια συστήματα (Zacca et al., 2010), τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτύχει ο κολυμβητής ( $V_{max}$ ; Zacca et al., 2010),

την καθυστερημένη ενεργοποίηση του αερόβιου μεταβολισμού (aerobic inertia) που έχει σχέση με τις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές μέχρι να φτάσει η πρόσληψη οξυγόνου στο μέγιστο σταθερό σημείο (Zacca et al., 2010). Όσον αφορά την τελευταία παράμετρο, δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία, ωστόσο έχει παρατηρηθεί ότι ο χρόνος που απαιτείται για να επιτευχθεί σταθερή πρόσληψη οξυγόνου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κολυμβητή (Invernizzi, Caporaso, Longo, Scurati, & Alberti, 2008). Συγκεκριμένα κολυμβητές αντοχής επιτυγχάνουν γρηγορότερα σταθερή πρόσληψη οξυγόνου σε σχέση με τους κολυμβητές ταχύτητας – το ίδιο και τα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες κολυμβητές (Invernizzi et al., 2008). Ωστόσο, φαίνεται ότι οι τρεις τρόποι υπολογισμού της ΚΤ δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα. Το μοντέλο 2 παραμέτρων υπολογίζει σημαντικά υψηλότερες τιμές ΚΤ σε σχέση με το μοντέλο 3 και 4 παραμέτρων (Zacca et al., 2016).

Μελέτες που έχουν αξιολογήσει την κρίσιμη δύναμη κατά την ποδηλασία έδειξαν ότι ο υπολογισμός της εξαρτάται από την διάρκεια των τεστ που χρησιμοποιούνται (Bishop, Jenkins, & Howard, 1998). Συγκεκριμένα φάνηκε ότι αν χρησιμοποιηθούν μικρές χρονικά δοκιμασίες οδηγούν σε υπερεκτίμηση της κρίσιμης δύναμης ενώ από μεγαλύτερες χρονικά δοκιμασίες προκύπτουν υποτιμημένες τιμές κρίσιμης δύναμης (Bishop et al., 1998). Επίσης, από την ίδια μελέτη προκύπτει ότι αν χρησιμοποιηθούν αποστάσεις μικρότερες από 3 λεπτά υπερεκτιμάται η ΚΤ, καθώς σε αυτό το χρονικό διάστημα η πρόσληψη οξυγόνου φαίνεται να αυξάνεται συνεχώς και δε φτάνει σε μέγιστες τιμές. Τέτοιες αποστάσεις δεν αντιπροσωπεύουν τη μέγιστη αερόβια κολυμβητική ταχύτητα και δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την έγκυρη εκτίμηση της ΚΤ (Bishop et al., 1998). Αυτό φαίνεται ότι ισχύει και στην ΚΤ στην κολύμβηση, καθώς σε αρκετές μελέτες αναφέρεται ότι η ΚΤ εξαρτάται από τις αποστάσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της (Dekerle et al., 2006; di Prampero et al., 1999; Zacca et al., 2010; Toubekis et al., 2006). Ο Costa και συνεργάτες (2009), παρατήρησαν ότι η ΚΤ ήταν χαμηλότερη όταν χρησιμοποιούνταν μεγαλύτερες συγκριτικά με μικρότερες αποστάσεις για τον υπολογισμό της (Costa et al., 2009). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και ο Gastin (2001), καθώς αναφέρει ότι όταν

χρησιμοποιείται η απόσταση των 1500 μέτρων για τον υπολογισμό της ΚΤ, η ΚΤ θα υποτιμηθεί δεδομένου ότι η συμμετοχή του αερόβιου μεταβολισμού είναι πολύ υψηλή, ενώ αντίστροφα, στα 50 μέτρα πολύ χαμηλή (Gastin, 2001). Σε αρκετές μελέτες έχουν χρησιμοποιηθεί 2-6 αποστάσεις για τον υπολογισμό της ΚΤ με διάφορους συνδυασμούς (50-100-200, 200-400, 100-800, 100-200-400, 50-100-200-400-800-1500, 50-100-200-400, (Costa et al., 2009; Dekerle et al., 2010; Dekerle et al., 2011; Wakayoshi et al., 1992; Zacca et al., 2010). Μερικοί ερευνητές προτείνουν να χρησιμοποιούνται δύο μόνο αποστάσεις για τον προσδιορισμό της ΚΤ – προκειμένου να αποτελέσει πρακτικό και εύκολο τρόπο για τους προπονητές – (Dekerle et al., 2002; Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Wakayoshi et al., 1993), ωστόσο ο μικρότερος αριθμός αποστάσεων είναι πιθανό να αυξήσει το περιθώριο λάθους στον υπολογισμό, με το λάθος να φτάνει το 2% (Costa et al., 2009). Αυτό το περιθώριο λάθους μπορεί να αντισταθμιστεί με τη χρήση μίας μεγάλης απόστασης (π.χ. 1500 μέτρων) στον υπολογισμό της ΚΤ (Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Wright & Smith, 1994).

Εκτός από τη χρήση των επιδόσεων σε συγκεκριμένες αποστάσεις, για τον υπολογισμό της ΚΤ έχουν χρησιμοποιηθεί και προσπάθειες με βάση τη μέγιστη αερόβια ταχύτητα (MAS) (Dekerle et al., 2005). Πιο συγκεκριμένα, οι κολυμβητές καλούνται να καλύψουν όσο μεγαλύτερη απόσταση μπορούν στο 95, 100, 105, 110% της MAS και από τα δεδομένα της απόστασης που ολοκληρώθηκε και της χρονικής διάρκειας διατήρησης της ταχύτητας κολύμβησης κατασκευάζεται η ευθεία από την κλίση της οποίας προκύπτει η ΚΤ (Dekerle et al., 2005). Η διάρκεια που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας μέγιστης προσπάθειας – ανεξάρτητα με την απόσταση – εξαρτάται από το επίπεδο, την ηλικία και το φύλο των κολυμβητών (Toubekis & Tokmakidis, 2013). Νεότεροι σε ηλικία κολυμβητές ή γυναίκες κολυμβήτριες τείνουν να ξοδεύουν περισσότερο χρόνο για κάθε απόσταση και αυτό επιδρά στον υπολογισμό της ΚΤ, αποδίδοντας χαμηλότερες τιμές ΚΤ (Dekerle et al., 2002; Toubekis et al., 2006). Συνεπώς, η επιλογή των αποστάσεων είναι πολύ σημαντική και ερευνητές προτείνουν να χρησιμοποιούνται αποστάσεις μικρής διάρκειας, 3-15



λεπτά (Dekerle et al., 2005; Dekerle, 2006; Dekerle et al., 2010; Dekerle et al., 2011), όπως 50-100-200-400 μέτρων με μέγιστη ένταση (Wakayoshi et al., 1992), σε σχέση με μεγαλύτερες (Zacca & Castro, 2009).

## **2.8 Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση με ένταση που αντιστοιχεί στην KT**

Κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση οι ερευνητές έχουν αξιολογήσει τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις (συγκέντρωση γαλακτικού και πρόσληψη οξυγόνου) σε εντάσεις γύρω από την KT (94-105% της KT), προκειμένου να μπορέσουν να προσδιορίσουν σε ποια περιοχή έντασης αντιστοιχεί η KT (Dekerle et al., 2010). Οι μελέτες από τις οποίες προκύπτουν αυτά τα δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2. Από τα υπάρχοντα δεδομένα φαίνεται ότι σε χαμηλότερες εντάσεις από την KT (94-97% KT) η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα και η πρόσληψη οξυγόνου σε ενήλικες κολυμβητές παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια της άσκησης ενώ σε εντάσεις υψηλότερες από την KT παρατηρείται γρήγορη αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού και ραγδαία αύξηση της πρόσληψης οξυγόνου φτάνοντας στη  $VO_{2max}$  (Dekerle et al., 2010). Αυτές οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις χαρακτηρίζουν την «έντονη» και «εξαντλητική» περιοχή άσκησης αντίστοιχα ενώ κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην KT παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού και επίτευξη της  $VO_{2max}$  κατά την εξάντληση, χαρακτηρίζοντας μια άλλη περιοχή άσκησης (πολύ έντονη περιοχή άσκησης) μεταξύ έντονης και εξαντλητικής (Dekerle et al., 2010).

Προκειμένου να αποσαφηνισθούν οι μεταβολικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση σε εντάσεις γύρω από την KT, πολλές μελέτες έχουν προσδιορίσει τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα σε διάφορες σειρές επαναλήψεων (σετ) που χρησιμοποιούνται στην προπόνηση των κολυμβητών όπως 5X400 μ., 4X300 μ., 4X400 μ., 5X300 μ., 10X200 μ., 10X400 μ., 20X100 (Dekerle et al., 2010; Filipatou et al., 2006; Machado et al., 2011; Ribeiro et al., 2010; Toubekis et al., 2011; Tsalis et al., 2012). Άλλες μελέτες κατέγραψαν τη συγκέντρωση

γαλακτικού σε σειρές επαναλήψεων που καθορίζονταν από χρόνο και όχι αποστάσεις (π.χ. 6Χ5' ή 3Χ10' κολύμβησης σε εντάσεις γύρω από την ΚΤ; Dekerle & Paterson, 2016; Zacca et al., 2016). Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών αποτυπώνονται στον Πίνακα 2.3.

Από τα δεδομένα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.2 και 2.3, παρατηρούμε ότι εξαιτίας της δυσκολίας στη λήψη αναπνευστικών αερίων κατά την κολύμβηση, μόνο σε δύο μελέτες παρουσιάζονται δεδομένα οξυγόνου κατά την αποκατάσταση (Zacca et al., 2016; Dekerle et al., 2010). Στις υπόλοιπες μελέτες παρουσιάζεται μόνο η συγκέντρωση γαλακτικού σε εντάσεις γύρω από την ΚΤ. Επιπλέον, φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές στη συγκέντρωση γαλακτικού μεταξύ συνεχόμενης και διαλειμματικής κολύμβησης, μεταξύ των διάφορων συνδυασμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ΚΤ και μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών ομάδων (Dekerle et al., 2002; Mezzaroba, Papoti, & Machado, 2014; Toubekis et al., 2006; Toubekis et al., 2013; Filipatou et al., 2006). Τέλος, συμπεραίνουμε ότι η ΚΤ δεν αποτελεί ανεκτή ένταση και είναι πιθανό να βρίσκεται μεταξύ «πολύ έντονης» και «εξαντλητικής» περιοχής άσκησης.

**Πίνακας 2.2.** Σύνοψη μελετών που αναφέρουν φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση σε εντάσεις γύρω από την κρίσιμη ταχύτητα (KT). (Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες)

Συγγραφέας	Φύλο	Ηλικία (έτη)	KT(m·s <sup>-1</sup> )	Αποστάσεις υπολογισμού KT	Ταχύτητα (%KT)	Χρόνος κολύμβησης (min)	Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol·l <sup>-1</sup> )	Πρόσληψη οξυγόνου
Dekerle et al., (2002)	A+Γ	16,1±1,1	1,23	200-400	97	30	4,6±1,3	
Greco & Denadai (2005)	A	11,4	0,97±0,10	100-200-400	100	30	3,8±1,6	
	Γ	11,4	1,01±0,09		96		2,6±0,6	
	A	13,9	1,10±0,13		97		4,9±1,8	
	Γ	13,9	0,93±0,06		98		3,6±2,2	
Dekerle et al., (2010)	A	21,2±2,6	1,25±0,06	100-200-400-800	95	48,9±14,1	3,8±1,9	3345 ± 628 mL·min <sup>-1</sup> (87±14 % VO <sub>2</sub> peak)
					100	24,3±7,7	8,4±3,4	3666 ± 600 mL·min <sup>-1</sup> (95±8 % VO <sub>2</sub> peak)
Pelarigo et al., (2011)	A	21±8	1,30±0,08	200-400	105	8,6±3,1	10,2±1,9	3728 ± 582 mL·min <sup>-1</sup> (96±7 % VO <sub>2</sub> peak)
					94	30	3,28±0,97	
Νικητάκης και συν., (2016)	A	11,3±0,5	1,05±0,08	200-400	100	21,52±8,32	4,0±1,4	
		15,6±1,7	1,33±0,07			29,62±1,40	3,0±0,4	
Zacca et al., (2016)	A+Γ	15,7±1,0	1,33±0,08	50-100-200-400-800-1500	100%(CV <sub>4par</sub> )	3X10'	7,4±1,7	54,4±7 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> (82±10 % VO <sub>2</sub> peak)

**Πίνακας 2.3.** Σύνοψη μελετών που αναφέρουν φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση σε εντάσεις γύρω από την κρίσιμη ταχύτητα (KT). (Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες)

Συγγραφέας	Φύλο	Ηλικία	KT(m.s <sup>-1</sup> )	Αποστάσεις υπολογισμού KT	Σετ επαναλήψεων	Ταχύτητα σετ (%KT)	Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol.l <sup>-1</sup> )
Wakayoshi et al., (1993)	A	19,4±0,8	1,44±0,07	200-400	4X400	98	2,5-3,0
						100	3,0-3,2
						102	3,2-4,2
Filipatou et al., (2006)	A	11,5±0,6	1,17±0,04	50-100-200-400	4X300	95±0,5	3,3-3,7
		16,0±1,7	1,34±0,04			100±1,0	4,6-5,2
						95±0,5	3,8-4,6
100±0,6	5,5-8,0						
Ribeiro et al., (2010)	A	16,5±1,2	1,28±0,07	200-400	5X400	100	5,7-7,9
Tsalis et al., (2012)	Γ	10,4±0,6	0,96±0,05	50-100-200-400	5X300	101±2	4,1-4,9
		13,1±0,4	1,17±0,09			98±3	4,4-5,1
		19,9±4,4	1,22±0,05			98±3	3,5-4,1
Dekerle et al., (2010)	A	21,2±2,6	1,25±0,06	100-200-400-800	10X400	100	4,2
Machado et al., (2011)	Pre-exp	A	16,3±2,4	50-100-200-400	4X400	98-100-102	4,1-4,3
	Post-exp					98-100-102	4,8-6,0
Toubekis et al., (2011)	A	15,2±1,2	1,33±0,09	50-100-200-400	5X400	96±2	4,3-6,3
					10X200	98±2	4,8-6,1
					20X100	100±3	4,3-6,3
Dekerle & Paterson (2016)	A+Γ	20,5±0,9	1,18±0,11	200-400-800	6X5'	95	2,2-2,5
					6X5'	105	4,6-6,5

## 2.9 Φυσιολογικές ανταποκρίσεις με διαφορετικούς συνδυασμούς αποστάσεων

Η επιλογή των αποστάσεων έχει φανεί ότι επηρεάζει τον υπολογισμό της ΚΤ και πιο συγκεκριμένα, αποστάσεις που απαιτούν προσπάθεια μεγάλης χρονικής διάρκειας, προκαλούν χαμηλή ΚΤ (Dekerle et al., 2002; Toubekis et al., 2006; Toubekis et al., 2013). Αυτό οδηγεί και σε διαφορετικές φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση σε εντάσεις πάνω και κάτω από την ΚΤ, ανάλογα με τις αποστάσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της. Σύμφωνα με τους Toubekis και Tokmakidis (2013), όταν η ΚΤ υπολογίζεται από αποστάσεις 200-400 μέτρων, δεν παρατηρείται υψηλή συσχέτιση μεταξύ συγκέντρωσης γαλακτικού και αύξησης της κολυμβητικής ταχύτητας εκφραζόμενης ως ποσοστό της ΚΤ (Toubekis et al., 2013). Δεν παρατηρείται, δηλαδή, εκθετική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού, ακόμα και σε εντάσεις πάνω από την ΚΤ (102-104% της ΚΤ; Toubekis et al., 2013). Ωστόσο, όταν η ΚΤ υπολογίζεται από αποστάσεις 50-100-200-400 μέτρων ή με συνδυασμούς αποστάσεων που περιέχουν τουλάχιστον μία απόσταση μεγαλύτερη των 400 μέτρων, φαίνεται ότι η συγκέντρωση γαλακτικού παρουσιάζει πολύ γρήγορη αύξηση σε εντάσεις κοντά στην ΚΤ (100-102% της ΚΤ; Toubekis et al., 2013). Επίσης, από όλους τους συνδυασμούς αποστάσεων φαίνεται ότι η αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού παρουσιάζεται κοντά στο 100% της ΚΤ (Toubekis et al., 2013). Ωστόσο, όταν χρησιμοποιούνται αποστάσεις μεγαλύτερες των 400 μέτρων η συγκέντρωση γαλακτικού στην ΚΤ είναι κάτω από τα  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ενώ στην  $\text{KT}_{(50-100-200-400)}$  η συγκέντρωση γαλακτικού είναι μεγαλύτερη από  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Toubekis et al., 2013). Στην μοναδική μελέτη που έγινε λήψη αναπνευστικών αερίων κατά τη διαλειμματική κολύμβηση, οι δοκιμαζόμενοι εμφάνισαν σταθερές φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διάρκεια προσπάθειας  $3\times 10$  λεπτών στην  $\text{KT}_{4\text{-par}}$ , με τη συγκέντρωση γαλακτικού να κυμαίνεται από  $6,6\pm 1,5$  έως  $7,4\pm 1,7 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  και την πρόσληψη οξυγόνου από  $54,4\pm 7$  έως  $54,9\pm 9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $82\pm 10\%$  της  $\text{VO}_{2\text{-peak}}$ ) – μη σημαντικές διαφορές μεταξύ  $10^{\text{ου}}$  και  $30^{\text{ου}}$  λεπτού της δοκιμασίας (Zacca et al., 2016). Τα δεδομένα αυτά έρχονται σε αντίθεση με μελέτη της Dekerle (2010) όπου οι

δοκιμαζόμενοι εμφάνισαν φυσιολογικές ανταποκρίσεις που αντιστοιχούν σε αυτές που χαρακτηρίζουν την εξαντλητική περιοχή έντασης (severe exercise intensity;  $8,4\pm 3,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1} - 3666\pm 600 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ; πρόσληψη οξυγόνου  $\sim 98\%$  της  $\text{VO}_{2\text{-peak}}$ ; Dekerle et al., 2010). Ωστόσο να αναφερθεί ότι στη μελέτη του Zacca και συνεργατών (2016) ο υπολογισμός της  $\text{KT}_{4\text{-par}}$  έγινε από αποστάσεις 50-100-200-400-800-1500 μέτρων ενώ στις Dekerle και συνεργατών (2010) η  $\text{KT}$  υπολογίστηκε από το μοντέλο 2 παραμέτρων ( $\text{KT}_{2\text{-par}}$ ) και αποστάσεις 100-200-400-800 μέτρων.

### 2.10 Φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες

Οι μεταβολικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση με ταχύτητα που αντιστοιχεί στην  $\text{KT}$  φαίνεται να διαφέρουν ανάλογα με την ηλικία (Fawcner & Armstrong, 2003; Ratel, Duché, & Williams, 2006). Τα παιδιά εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές συγκέντρωσης γαλακτικού κατά την άσκηση και γρηγορότερη αποκατάσταση σε σχέση με μεγαλύτερους ηλικιακά κολυμβητές (di Prampero et al., 2008; Ratel et al., 2006). Άρα, είναι πιθανό να διαφέρουν και οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις μεταξύ νεαρών και ενήλικων κολυμβητών, κατά την κολύμβηση στην  $\text{KT}$ . Σε ενήλικες τριαθλητές υψηλού επιπέδου η  $\text{KT}$  φαίνεται να είναι υψηλότερα από το  $\text{ΚΓ}$  (Martin & Whyte, 2000) ενώ σε παιδιά δεν παρουσιάζεται διαφορά μεταξύ των δύο δεικτών (Toubekis et al., 2006). Αντίθετα, σε μελέτη των Mezzaroba και συνεργατών (2014), φάνηκε ότι σε παιδιά 10-12 ετών η  $\text{KT}$  ήταν χαμηλότερα από την ταχύτητα στο  $\text{ΚΓ}$  ενώ σε εφήβους 13-18 ετών παρατηρήθηκε το αντίθετο, δηλαδή η  $\text{KT}$  να είναι υψηλότερη από την ταχύτητα στο  $\text{ΚΓ}$  (Mezzaroba et al., 2014). Κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση παιδιά και έφηβοι (11-16 ετών) εμφανίζουν τιμές γαλακτικού  $2,6-4,6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Dekerle et al., 2002; Greco et al., 2005; Νικητάκης Μιχαλόπουλος, Νικολόπουλος & Τουμπέκης, 2016) ενώ οι ενήλικες  $8,4\pm 3,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Dekerle et al., 2010; Πίνακας 2.3). Ωστόσο, σε μελέτη όπου παιδιά και έφηβοι είχαν ίδια  $\text{KT}$  με την ταχύτητα στο  $\text{ΚΓ}$ , δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στη συγκέντρωση γαλακτικού ανάμεσα σε παιδιά ( $4,0\pm 1,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) και εφήβους ( $3,0\pm 0,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) κατά τη

συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ (Νικητάκης, και συν., 2016). Παρά τις παρόμοιες φυσιολογικές ανταποκρίσεις, τα παιδιά, στην ίδια μελέτη, δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν 30 λεπτά συνεχούς κολύμβησης ( $21,52 \pm 8,32$  min) ενώ οι περισσότεροι από τους εφήβους το κατάφεραν ( $29,62 \pm 1,40$  min; Νικητάκης και συν., 2016). Η σχετικά χαμηλή συγκέντρωση γαλακτικού στα παιδιά μπορεί να οφείλεται στην μεγαλύτερη εξάρτηση που παρουσιάζουν από τον αερόβιο παρά από τον αναερόβιο μεταβολισμό αλλά και στον ταχύτερο ρυθμό απομάκρυνσης του γαλακτικού (Ratel et al., 2006). Παράλληλα, η ικανότητα που δίνει τη δυνατότητα στους μεγαλύτερους ηλικιακά κολυμβητές να μπορούν να διατηρούν την ΚΤ για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα παρά τη σχετικά υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού είναι, πιθανά, η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητά τους λόγω της εμπειρίας (Zamparo, 2006) και η ικανότητά τους να κολυμπούν πιο οικονομικά σε υπομέγιστες εντάσεις (Zamparo et al., 2008). Όσον αφορά την πρόσληψη οξυγόνου κατά την κολύμβηση στην ΚΤ μόνο δύο μελέτες έχουν μετρήσει αυτή την παράμετρο και μόνο κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση. Συγκεκριμένα, ενήλικοι κολυμβητές όταν κολυμπούν στην ΚΤ φαίνεται να φτάνουν τη  $VO_{2peak}$  (Dekerle et al., 2010), ενώ οι έφηβοι όχι (Zacca et al., 2016). Ωστόσο, δεν υπάρχουν δεδομένα για τα παιδιά. Κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ τα παιδιά μπορούν να διατηρούν σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού μεταξύ των επαναλήψεων ενώ στους εφήβους η συγκέντρωση γαλακτικού αυξάνει συνεχώς (Filipatou et al., 2006). Σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού πετυχαίνουν οι έφηβοι μόνο σε ένταση 5% κάτω από την ΚΤ (Filipatou et al., 2006). Κατά τη διαλειμματική κολύμβηση τα παιδιά (10-11 ετών) και οι ενήλικες (19-21 ετών) φαίνεται να εμφανίζουν χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού στην ΚΤ ( $4,1-5,2$  mmol $\cdot$ l $^{-1}$  –  $3,0-4,2$  mmol $\cdot$ l $^{-1}$  αντίστοιχα; Dekerle et al., 2010; Filipatou et al., 2006; Tsalis et al., 2012; Wakayoshi et al., 1993), σε σχέση με τους εφήβους 13-16 ετών ( $4,3-8,0$  mmol $\cdot$ l $^{-1}$ ; Filipatou et al., 2006; Ribeiro et al., 2010; Toubekis et al., 2011; Tsalis et al., 2012; Πίνακας 2.2.). Από τα παραπάνω δεν είναι δυνατό να καταλήξουμε σε ένα σαφές συμπέρασμα, καθώς υπάρχει μεγάλη διακύμανση όσον

αφορά τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την κολύμβηση στην ΚΤ σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Συνεπώς, δεν είναι αρκετή μόνο η αξιολόγηση της συγκέντρωσης γαλακτικού προκειμένου να προσδιορίσουμε σε ποια περιοχή έντασης αντιστοιχεί η ΚΤ, αλλά είναι πιθανό ότι, σε συνδυασμό με τη λήψη εκπνεόμενου αέρα, θα μπορούσαμε να αποκτήσουμε καλύτερη «εικόνα» για την περιοχή έντασης στην οποία αντιστοιχεί η ΚΤ και αν διαφέρει μεταξύ των ηλικιών.



### III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 10 αγόρια ηλικίας  $11,5 \pm 0,4$  ετών και 10 έφηβοι ηλικίας  $15,8 \pm 0,7$  ετών. Οι καλύτερες επιδόσεις των κολυμβητών αντιστοιχούσαν στο  $90,5 \pm 5,3\%$  της καλύτερης επίδοσης στην ηλικιακή τους κατηγορία για τα παιδιά και στο  $88,7 \pm 3,7\%$  του πανελληνίου ρεκόρ στην ηλικιακή τους κατηγορία για τους εφήβους. Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν από συλλόγους κολύμβησης της Αττικής. Και για τις δύο ηλικιακές ομάδες οι μετρήσεις διεξήχθησαν κατά την περίοδο ειδικής προετοιμασίας. Πριν την έναρξη των δοκιμασιών οι δοκιμαζόμενοι ή ο κηδεμόνας υπέγραψαν έντυπο συγκατάθεσης στο οποίο αναλύονταν επαρκώς η διαδικασία που θα ακολουθούσαν και αναφερόταν το δικαίωμά τους να αποχωρήσουν από τη μελέτη αν το επιθυμούσαν. Η πειραματική διαδικασία είχε προηγουμένως εγκριθεί από την Επιτροπή Ερευνητικής Δεοντολογίας – Βιοηθικής (αρ. πρωτ.: 1031/6/12/2017).

Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (σωματική μάζα, ανάστημα, καθιστό ύψος) μετρήθηκαν κατά την πρώτη ημέρα. Από τα χαρακτηριστικά αυτά, με βάση την εξίσωση που πρότειναν οι Mirwald και συνεργάτες (2002), υπολογίστηκε η χρονική απόσταση κάθε δοκιμαζόμενου από τη ηλικία της κορυφαίας ανάπτυξης σε ύψος (peak height velocity; PHV). Επιπλέον, το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης των συμμετεχόντων προσδιορίστηκε από τους γονείς για τα παιδιά και με αυτό-προσδιορισμό για τους εφήβους. Όλες οι δοκιμασίες διεξήχθησαν σε κλειστό κολυμβητήριο 25 μέτρων με σταθερή θερμοκρασία νερού και περιβάλλοντος ( $24-25^{\circ}\text{C}$ ;  $27-28^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα). Η διαδικασία που ακολουθούσαν για κάθε δοκιμασία απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1. Όλες οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν μέσα σε χρονικό διάστημα ενός μηνός και με τουλάχιστον 1 ημέρα διαφορά μεταξύ των δοκιμασιών. Κατά την 1<sup>η</sup> ημέρα προσέλευσης στο εργαστήριο ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους να έχουν καταγράψει τη διατροφή

τους στο προηγούμενο 24ωρο και τους ζητήθηκε να επαναλαμβάνουν διατροφή παρόμοιας διατροφικής αξίας μια ημέρα πριν από κάθε επίσκεψη στο εργαστήριο.

### 3.2 Υπολογισμός Κρίσιμης Ταχύτητας

Πριν από κάθε δοκιμασία προηγήθηκε προθέρμανση που περιελάμβανε: 400 μέτρα ελεύθερο, 200 μέτρα ασκήσεις τεχνικής και 4 προσπάθειες 50 μέτρων σε ρυθμό των 400 μέτρων. Μετά τη λήξη της προθέρμανσης και πριν την έναρξη των δοκιμασιών παρεμβάλλονταν 8 λεπτά παθητικής αποκατάστασης. Κατά την πρώτη μέρα και μετά τη μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, πραγματοποιήθηκαν μέγιστες προσπάθειες κολύμβησης 400 και 200 μέτρων για τον υπολογισμό της κρίσιμης ταχύτητας (KT). Μεταξύ των προσπαθειών μεσολαβούσαν 30 λεπτά αποκατάστασης (5 λεπτά ενεργητική – 25 λεπτά παθητική). Στις δοκιμασίες αυτές μετρήθηκαν ο χρόνος για κάθε προσπάθεια, η Συχνότητα Χεριάς (ΣΧ), η οποία υπολογίστηκε μετρώντας το χρόνο για την ολοκλήρωση 3 κύκλων χεριάς κατά τα 15 τελευταία μέτρα σε κάθε απόσταση 50 μέτρων και υπολογίστηκε το Μήκος Χεριάς (ΜΧ) από τη σχέση: Ταχύτητα = ΣΧ \* ΜΧ. Η ΚΤ υπολογίστηκε από την κλίση της γραμμής παλινδρόμησης που εκφράζει τη σχέση απόστασης και χρόνου κολύμβησης (slope of distance vs. time). Μετά την προσπάθεια των 400 μέτρων έγινε λήψη αίματος από το δάχτυλο του κολυμβητή για να προσδιορισθεί η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, έγινε μέτρηση της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης χρησιμοποιώντας την κλίμακα υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης (Borg, 1970) και αμέσως μετά το τέλος της δοκιμασίας πραγματοποιήθηκε συλλογή εκπνεόμενου αέρα. Σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας των 400 μέτρων πραγματοποιούνταν συνεχόμενη καταγραφή της Καρδιακής Συχνότητας με τηλεμετρία. Από τις δύο προσπάθειες 400 και 200 μέτρων και από την τελευταία προσπάθεια στη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης που θα περιγραφεί στη συνέχεια προέκυψαν η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_2\text{peak}$ ) και η μέγιστη ΚΣ ( $K\Sigma\text{max}$ ). Ως ταχύτητα

στη  $\dot{V}O_2\text{peak}$  ( $s\dot{V}O_2\text{peak}$ ) ορίστηκε η μέση ταχύτητα στη δοκιμασία όπου παρατηρήθηκε η  $\dot{V}O_2\text{peak}$ .

### 3.3 Υπολογισμός ταχύτητας στο Κατώφλι Γαλακτικού

Σε επόμενη επίσκεψη οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης η οποία περιελάμβανε 7 προσπάθειες 200 μέτρων ελεύθερο με εκκίνηση μέσα από την πισίνα κάθε 5 λεπτά. Η πρώτη προσπάθεια έγινε σε ένταση που αντιστοιχούσε στο 65% της μέγιστης ταχύτητας των 200 μέτρων και με προοδευτική αύξηση 5% σε κάθε προσπάθεια μέχρι τη μέγιστη ένταση (Pyne, Lee, & Swanwick, 2001). Μετά από κάθε προσπάθεια πραγματοποιήθηκε λήψη αίματος από το δάχτυλο των κολυμβητών για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα. Από τα δεδομένα της ταχύτητας και της συγκέντρωσης γαλακτικού σχεδιάστηκε η καμπύλη γαλακτικού. Ως ταχύτητα στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ ορίστηκε η προβολή στον οριζόντιο άξονα της τομής των δύο ευθειών που ενώνουν τα χαμηλότερα με τα υψηλότερα σημεία της καμπύλης (Fernandes et al., 2010; Kostoulas, Toubekis, Paxinos, Volaklis, & Tokmakidis, 2018). Η καρδιακή συχνότητα καταγραφόταν συνεχώς ενώ μετά από κάθε προσπάθεια καταγραφόταν η υποκειμενική αντίληψης κόπωσης (Borg, 1970). Τέλος, σε κάθε προσπάθεια καταγραφόταν η ΣΧ σε κάθε απόσταση 50 μέτρων και υπολογιζόταν το ΜΧ. Δείγμα εκπνεόμενου αέρα συλλεγόταν μετά από κάθε προσπάθεια 200 μέτρων.

### 3.4 Δοκιμασίες συνεχόμενης κολύμβησης σε διάφορες εντάσεις – υπολογισμός MLSS

Σε επόμενες ημέρες έγιναν προσπάθειες συνεχόμενης κολύμβησης διάρκειας 30 λεπτών σε εντάσεις γύρω από την ΚΤ (94-106% της ΚΤ). Αρχικά πραγματοποιούνταν συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ και αν η συγκέντρωση γαλακτικού αυξανόταν πάνω από  $1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  από το 10<sup>ο</sup> στο 30<sup>ο</sup> λεπτό άσκησης ή αν ο κολυμβητής εγκατέλειπε την προσπάθεια, σε επόμενη μέρα πραγματοποιήθηκε συνεχόμενη κολύμβηση σε χαμηλότερη ένταση (2%). Σε αντίθετη περίπτωση η ένταση αύξανε κατά 2% έως

ότου παρατηρηθεί σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού. Λήψη αίματος και συλλογή εκπνεόμενου αέρα πραγματοποιούνταν πριν την έναρξη της δοκιμασίας, στο 10<sup>ο</sup> και το 30<sup>ο</sup> λεπτό κάθε προσπάθειας. Στο 10<sup>ο</sup> λεπτό, προκειμένου να γίνει η λήψη αίματος και η συλλογή εκπνεόμενου αέρα, πραγματοποιήθηκε διακοπή της προσπάθειας για 30-45 δευτερόλεπτα. Στο ίδιο χρονικό σημείο κατεγραφή η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (Borg, 1970). Κατά τη διάρκεια κάθε προσπάθειας καταγραφόταν η ΣΧ και υπολογιζόταν το MX για κάθε απόσταση 50 μέτρων. Από τις δοκιμασίες αυτές υπολογίστηκε η ταχύτητα στο MLSS (sMLSS), ως η ταχύτητα κατά την οποία παρατηρούνταν σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού μεταξύ και 10<sup>ου</sup> και 30<sup>ου</sup> λεπτού άσκησης (σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού θεωρούνταν αύξηση μικρότερη από 1 mmol·l<sup>-1</sup> κατά το 30<sup>ο</sup> λεπτό σε σχέση με το 10<sup>ο</sup> λεπτό της δοκιμασίας). Σε κάθε προσπάθεια γινόταν συνεχόμενη καταγραφή της Καρδιακής Συχνότητας. Στις προσπάθειες αυτές είχε τοποθετηθεί δίπλα στο αυτί του κολυμβητή ειδική συσκευή (Finis tempo trainer pro, USA) που εξέπεμπε σταθερά ηχητικό σήμα προκειμένου να βοηθά τον κολυμβητή να διατηρεί την ταχύτητά του. Ταυτόχρονα, δόθηκε η οδηγία στους συμμετέχοντες να προσπαθούν να κολυμπούν ακριβώς δίπλα στον ερευνητή, ο οποίος περπατούσε κατά μήκος της πισίνας, σύμφωνα με το ρυθμό που έπρεπε να κολυπά ο δοκιμαζόμενος. Η προσπάθεια τερματιζόταν είτε από τον ίδιο τον κολυμβητή είτε από τον ερευνητή, όταν διαπίστωνε ότι ο κολυμβητής δε μπορούσε να διατηρήσει την ταχύτητά του. Ως αδυναμία διατήρησης της ταχύτητας θεωρήθηκε όταν ο κολυμβητής διένυε δύο αποστάσεις 25 μέτρων 0,50 s πιο αργά από τον προβλεπόμενο χρόνο.

### **3.5 Δοκιμασία διαλειμματικής κολύμβησης στην Κρίσιμη Ταχύτητα**

Κατά την τελευταία επίσκεψη πραγματοποιήθηκε διαλειμματική κολύμβηση που περιελάμβανε 10 προσπάθειες 200 μέτρων σε ένταση που αντιστοιχούσε στην ΚΤ. Μεταξύ των προσπαθειών πραγματοποιούνταν διάλειμμα 30-45 δευτερολέπτων. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας και μετά από τη 2η-4η-6η-8η-10η επανάληψη γινόταν λήψη αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα

και μετά από κάθε επανάληψη πραγματοποιούνταν συλλογή εκπνεόμενου αέρα. Η Καρδιακή Συχνότητα καταγράφονταν συνεχώς και μετά από κάθε επανάληψη καταγράφονταν η υποκειμενική αντίληψη κόπωσης (Borg, 1970). Η ΣΧ και το ΜΧ υπολογίζονταν σε κάθε τμήμα 50 μέτρων στη διάρκεια της προσπάθειας.

### **3.6 Υπολογισμός μέγιστης κολυμβητικής ταχύτητας**

Πριν την έναρξη των δοκιμασιών για την αξιολόγηση του 2<sup>ου</sup> ΚΓ και της διαλειμματικής κολύμβησης στην ΚΤ (10x200), ακριβώς μετά τη λήξη της προθέρμανσης, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν μία μέγιστη προσπάθεια κολύμβησης 25 μέτρων. Από τις δύο προσπάθειες, η καλύτερη επίδοση που επιτεύχθηκε χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της μέγιστης κολυμβητικής ταχύτητας (sMAX).

### **3.7 Μέσα συλλογής των δεδομένων**

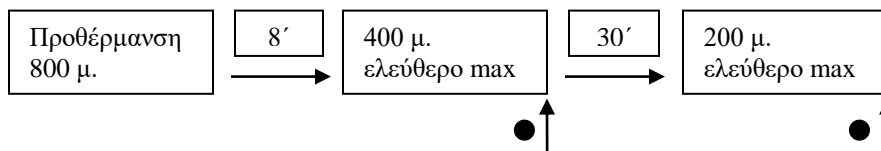
Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του χρόνου και για τον υπολογισμό της ΣΧ ήταν χρονόμετρα χειρός (FINIS 3X300, UK). Για τη μέτρηση της Καρδιακής Συχνότητας χρησιμοποιήθηκε συσκευή Polar V800 (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα χρησιμοποιήθηκε αυτόματος αναλυτής γαλακτικού (Lactate Scout+, Germany). Για τη διατήρηση της σωστής ταχύτητας στις δοκιμασίες συνεχόμενης και διαλειμματικής κολύμβησης χρησιμοποιήθηκε ειδική συσκευή (Finis tempo trainer pro, USA) που εξέπεμπε σταθερά ηχητικό σήμα και τοποθετούνταν δίπλα στο αυτί του κολυμβητή.

### **3.8 Στατιστική ανάλυση**

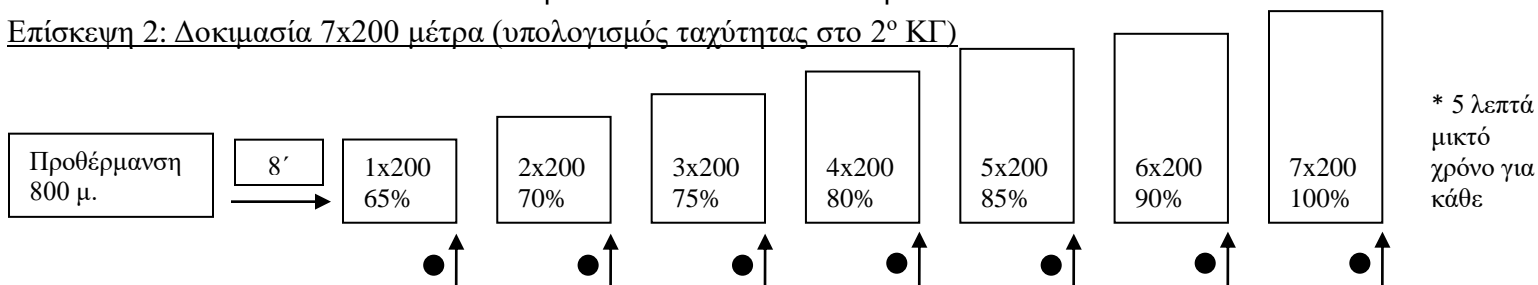
Οι εξαρτημένες μεταβλητές ήταν η ΚΤ, η ταχύτητα στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ, η sMLSS, η πρόσληψη οξυγόνου ( $\dot{V}O_2$ ), η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) και η συγκέντρωση γαλακτικού [La]. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν η ηλικία, η συνεχόμενη και η διαλειμματική κολύμβηση. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα

Statistica v.10. Για τη στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Για τον έλεγχο της ισότητας των διασπορών μεταξύ των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος σφαιρικότητας Mauchly's Test of Sphericity. Επίσης, έγινε έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων με το τεστ Tukey-HSD για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των μετρήσεων και μεταξύ των ομάδων. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται ως μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε με  $p < 0,05$ .

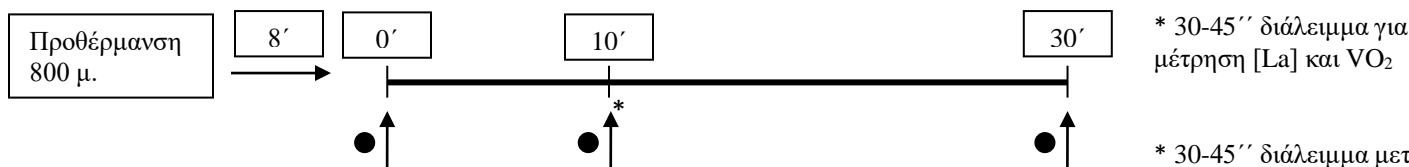
Επίσκεψη 1: Δοκιμασίες 400 και 200 μέτρα (υπολογισμός ΚΤ)



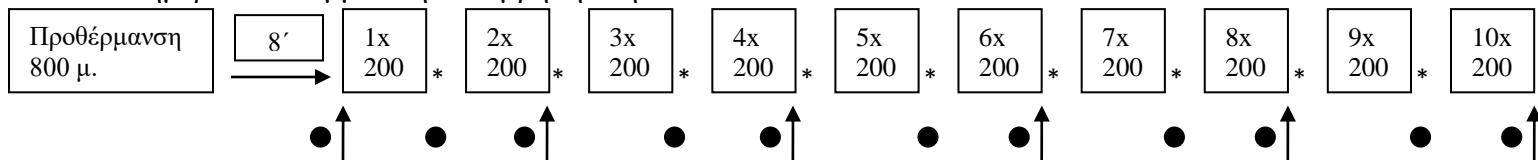
Επίσκεψη 2: Δοκιμασία 7x200 μέτρα (υπολογισμός ταχύτητας στο 2° ΚΓ)



Επίσκεψη 3-6: Συνεχόμενη κολύμβηση σε διάφορες εντάσεις (94-106% ΚΤ) – υπολογισμός MLSS



Τελευταία ημέρα: Διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ



**Σχήμα 3.1.** Σχηματική απεικόνιση της πειραματικής διαδικασίας. Σε όλες τις δοκιμασίες καταγράφει ο χρόνος, η συχνότητα χεριάς (ΣΧ), το μήκος χεριάς (ΜΧ), η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) και ο δείκτης υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης. (↑) αξιολόγηση συγκέντρωσης γαλακτικού [La]. ( ) αξιολόγηση πρόσληψης οξυγόνου (VO<sub>2</sub>). (\*) αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων στη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (7x200), στη διαλειμματική κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (ΚΤ) (10x200) και στο 10<sup>ο</sup> λεπτό στις δοκιμασίες συνεχόμενης προσπάθειας.

## IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης. Αρχικά πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των ταχυτήτων που αντιπροσωπεύουν τους δείκτες ικανότητας αντοχής. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση και σύγκριση των φυσιολογικών ανταποκρίσεων κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ και τη sMLSS. Τα παιδιά βρίσκονταν  $2,3 \pm 0,3$  χρόνια πριν τη μέγιστη ανάπτυξη σε ύψος ενώ οι έφηβοι  $2,1 \pm 0,7$  χρόνια μετά από αυτή. Με βάση την κλίμακα Tanner (1981), 8 από τα παιδιά κατετάγησαν στο στάδιο 2 και τα υπόλοιπα (2) στο στάδιο 1, ενώ 3 έφηβοι κατετάγησαν στο στάδιο 5 και οι υπόλοιποι (7) στο στάδιο 4.

### 4.1. Σύγκριση μεταξύ των δεικτών ικανότητας αντοχής

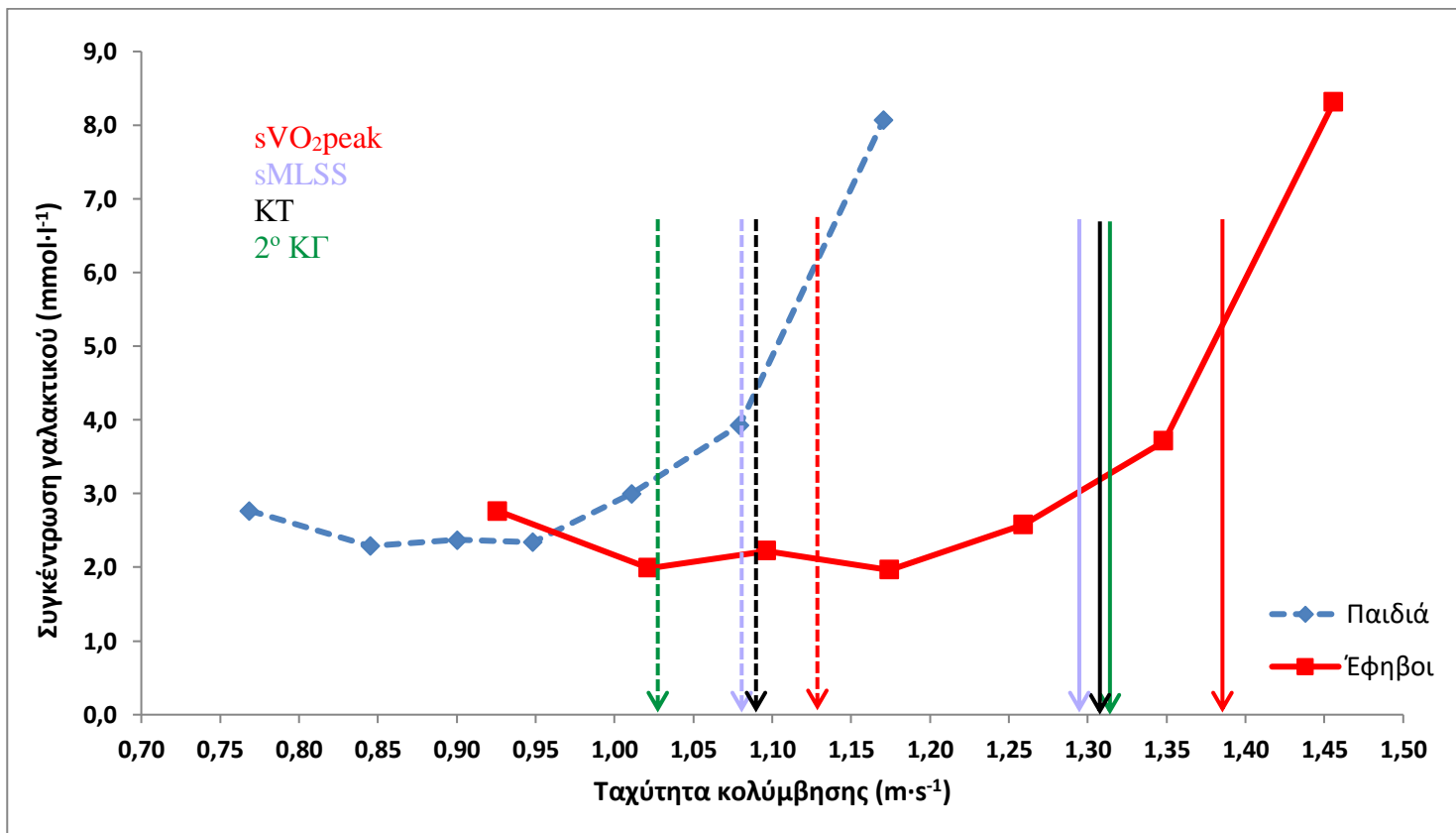
Η ΚΤ στα παιδιά δεν διέφερε από τη sMLSS ( $p > 0,05$ ) αλλά ήταν υψηλότερη από την ταχύτητα στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ (ΚΤ:  $1,092 \pm 0,071$ , ΚΓ:  $1,027 \pm 0,090$ , sMLSS:  $1,083 \pm 0,065$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$   $p < 0,05$ ). Συγκεκριμένα, η sMLSS αντιστοιχεί στο  $99,2 \pm 3,4\%$  της ΚΤ ( $p > 0,05$ ) ενώ το 2<sup>ο</sup> ΚΓ στο  $94,1 \pm 5,8\%$  της ΚΤ ( $p < 0,05$ ). Αντίθετα, στους εφήβους δεν βρέθηκε καμία διαφορά μεταξύ των δεικτών (ΚΤ:  $1,315 \pm 0,068$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , ΚΓ:  $1,317 \pm 0,065$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  -  $100,2 \pm 3,52\%$  ΚΤ, sMLSS:  $1,297 \pm 0,056$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  -  $98,7 \pm 2,8\%$  ΚΤ;  $p > 0,05$ ). Η  $\text{VO}_2\text{peak}$  δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων, ωστόσο αντιστοιχούσε σε διαφορετική ταχύτητα για τις δύο ομάδες ( $\text{VO}_2\text{peak}$ , παιδιά:  $57,4 \pm 10,1$ , έφηβοι:  $62,1 \pm 4,3$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $p > 0,05$  -  $s\text{VO}_2\text{peak}$ , παιδιά:  $1,155 \pm 0,072$ , έφηβοι:  $1,450 \pm 0,064$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $p < 0,05$ ). Η μέγιστη ταχύτητα στα παιδιά ήταν χαμηλότερη από των εφήβων (sMAX, παιδιά:  $1,547 \pm 0,092$ , έφηβοι:  $1,857 \pm 0,044$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $p < 0,05$ ). Παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση της ΚΤ με το 2<sup>ο</sup> ΚΓ ( $r = 0,93$ ,  $p < 0,05$ ) και το MLSS ( $r = 0,96$ ,  $p < 0,05$ ), όχι όμως με τη  $\text{VO}_2\text{peak}$  ( $r = 0,24$ ,  $p > 0,05$ ). Επιπλέον, υψηλή συσχέτιση παρουσιάστηκε μεταξύ  $\text{VO}_2\text{peak}$  και χρόνου εξάντλησης κατά την κολύμβηση στην ΚΤ ( $r = 0,62$ ,  $p < 0,05$ ). Τα δεδομένα απεικονίζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4.1.



Αξιολογώντας τους δείκτες ικανότητας αντοχής ως ποσοστό της  $sVO_2\text{peak}$  παρατηρήθηκε ότι η διαφορά μεταξύ των δεικτών είναι μεγαλύτερη στα παιδιά σε σχέση με τους εφήβους (παιδιά:  $KT= 96,6\pm 1,6$ ,  $sMLSS= 95,8\pm 2,4$ ,  $2^\circ KΓ= 90,9\pm 4,7$  %  $sVO_2\text{peak}$ ,  $p<0,05$  μεταξύ  $2^{\text{ου}}$   $KΓ$  και  $KT-sMLSS$ , έφηβοι:  $KT= 94,8\pm 1,4$ ,  $sMLSS= 93,6\pm 1,8$ ,  $2^\circ KΓ= 94,9\pm 2,3$  %  $sVO_2\text{peak}$ ,  $p>0,05$  μεταξύ των δεικτών, Σχήμα 4.1).

**Πίνακας 4.1.** Κρίσιμη ταχύτητα ( $KT$ ), ταχύτητα στο  $2^\circ KΓ$  ( $2^\circ KΓ$ ), ταχύτητα στο  $MLSS$  ( $sMLSS$ ), μέγιστη κολυμβητική ταχύτητα ( $sMAX$ ),  $VO_2\text{peak}$ , ταχύτητα στα 400 ( $v400$ ) και στα 200 ( $v200$ ) μέτρα για παιδιά και εφήβους. Μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση.

	$KT$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$2^\circ KΓ$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$sMLSS$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$sMAX$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$VO_2\text{peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	$v400$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$v200$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	
Παιδιά	1	1,014	0,941	0,980	1,452	45,6	1,050	1,089
	2	1,060	1,004	1,039	1,498	45,2	1,101	1,146
	3	0,973	0,892	1,014	1,522	69,2	1,016	1,064
	4	1,050	1,095	1,048	1,639	69,9	1,113	1,183
	5	1,143	1,170	1,188	1,701	67,5	1,195	1,253
	6	1,201	1,055	1,124	1,551	57,1	1,205	1,210
	7	1,080	0,928	1,073	1,523	57,9	1,118	1,159
	8	1,145	1,067	1,098	1,401	42,3	1,161	1,177
	9	1,099	1,002	1,103	1,538	60,1	1,124	1,149
	10	1,157	1,120	1,158	1,645	59,4	1,215	1,279
Μέση τιμή	1,092	1,027	1,083	1,547	57,42	1,130	1,171	
Τυπική απόκλιση	0,071	0,090	0,065	0,092	10,14	0,066	0,066	
Έφηβοι	1	1,373	1,326	1,327	1,853	60,6	1,433	1,499
	2	1,342	1,351	1,302	1,895	63,6	1,432	1,535
	3	1,231	1,323	1,287	1,890	54,1	1,340	1,469
	4	1,369	1,302	1,286	1,859	60,7	1,416	1,467
	5	1,344	1,369	1,331	1,910	66,0	1,438	1,547
	6	1,319	1,297	1,291	1,842	63,4	1,375	1,436
	7	1,292	1,292	1,263	1,842	59,3	1,349	1,411
	8	1,407	1,444	1,401	1,904	66,1	1,471	1,541
	9	1,184	1,198	1,181	1,792	68,4	1,251	1,327
	10	1,291	1,264	1,305	1,786	58,5	1,367	1,451
Μέση τιμή	1,315	1,317	1,297	1,857	62,07	1,387	1,468	
Τυπική απόκλιση	0,068	0,065	0,056	0,044	4,27	0,064	0,068	



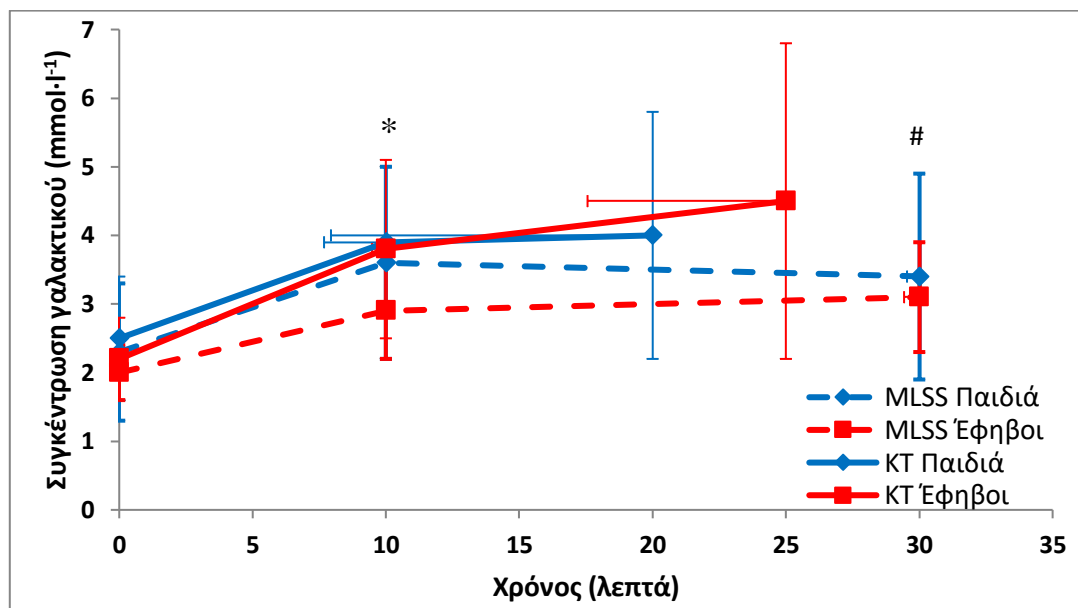
**Σχήμα 4.1.** Ταχύτητες που αντιστοιχούν στους δείκτες αερόβιας ικανότητας (μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (*sVO<sub>2</sub>peak*), μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (*sMLSS*), κρίσιμη ταχύτητα (*KT*), 2<sup>ο</sup> κατώφλι γαλακτικού (2<sup>ο</sup> *ΚΓ*)) σε παιδιά και εφήβους. Το εύρος διαφοράς μεταξύ των δεικτών αερόβιας ικανότητας είναι περιορισμένο στους εφήβους (93,6-94,9% *sVO<sub>2</sub>peak*) σε σχέση με τα παιδιά (90,9-96,6% *sVO<sub>2</sub>peak*).

#### 4.2. Συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ

Παιδιά και έφηβοι δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν 30 λεπτά κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση με την ταχύτητα που αντιστοιχεί στην ΚΤ (παιδιά:  $21,18 \pm 12,06$ , έφηβοι:  $25,66 \pm 7,44$  min;  $p > 0,05$  μεταξύ ομάδων). Συγκεκριμένα 6 παιδιά κατάφεραν να ολοκληρώσουν 30 λεπτά συνεχόμενης κολύμβησης στην ΚΤ και 7 έφηβοι. Ωστόσο, οι κολυμβητές και στις δύο ομάδες κατάφεραν να διατηρήσουν την ΚΤ μεταξύ των επαναλήψεων κατά τη διαλειμματική κολύμβηση (μέση ταχύτητα: παιδιά:  $1,093 \pm 0,067$ , έφηβοι:  $1,323 \pm 0,063$  m·s<sup>-1</sup>;  $p > 0,05$  μεταξύ των επαναλήψεων,  $p > 0,05$  μεταξύ μέσης ταχύτητας στη διαλειμματική κολύμβηση και ΚΤ,  $p < 0,05$  μεταξύ των ομάδων). Η αποκατάσταση μεταξύ των επαναλήψεων στη διαλειμματική κολύμβηση ήταν  $43,17 \pm 6,53$  δευτερόλεπτα (εύρος: 34,57 – 58,00 s). Παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση της VO<sub>2</sub>peak με το χρόνο διατήρησης της ΚΤ κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση ( $r = 0,62$ ,  $p < 0,05$ ).

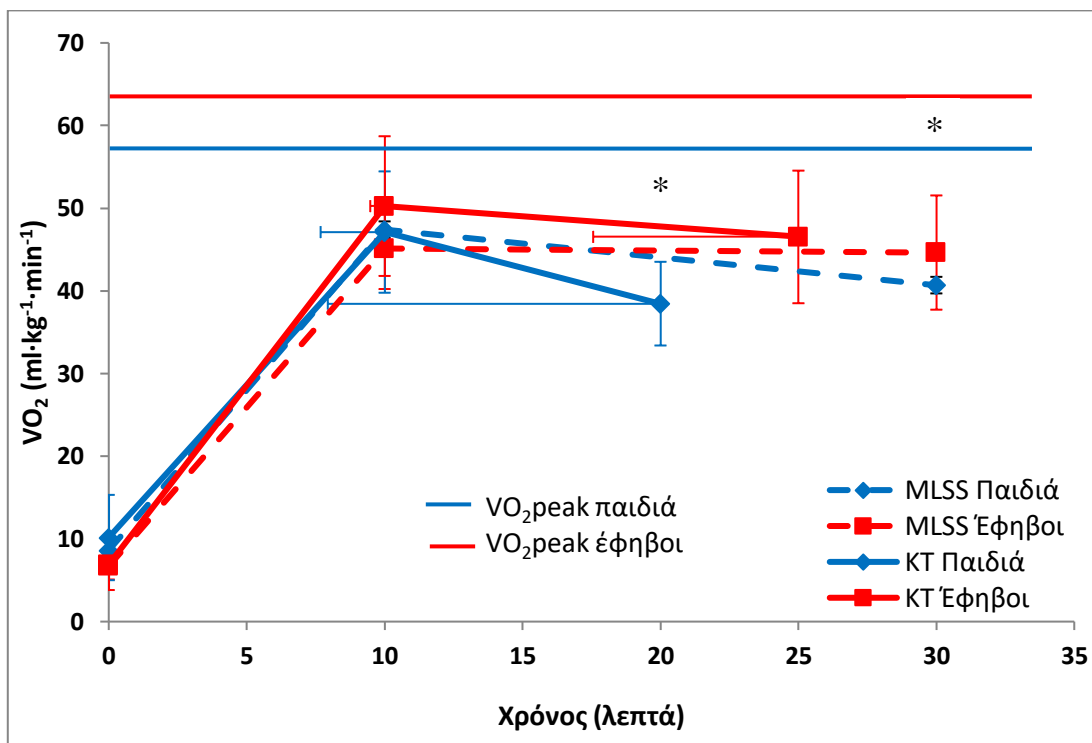
##### 4.2.1. Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση

Κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ η συγκέντρωση γαλακτικού δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων σε καμία χρονική στιγμή ( $p > 0,05$ ; Σχήμα 4.2). Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στη sMLSS, όπου δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ παιδιών και εφήβων ( $p > 0,05$ ; Σχήμα 4.2). Ωστόσο, η συγκέντρωση γαλακτικού κατά την εξάντληση στη δοκιμασία συνεχόμενης κολύμβησης στην ΚΤ ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη sMLSS, χωρίς να υπάρχει διαφορά μεταξύ των ομάδων (παιδιά, τέλος δοκιμασίας: ΚΤ:  $4,0 \pm 1,8$ , sMLSS:  $3,4 \pm 1,5$  mmol·l<sup>-1</sup>,  $p < 0,05$ , έφηβοι, τέλος δοκιμασίας: ΚΤ:  $4,5 \pm 2,3$ , sMLSS:  $3,1 \pm 0,8$  mmol·l<sup>-1</sup>;  $p < 0,05$ ).



**Σχήμα 4.2.** Συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT, συνεχόμενη γραμμή) και τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS, διακεκομμένη γραμμή) για τα παιδιά (μπλε γραμμή) και τους εφήβους (κόκκινη γραμμή). \*:  $p < 0,05$  σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας σε όλα τα τεστ και στις δύο ομάδες, #:  $p < 0,05$  σε σχέση με τη συγκέντρωση γαλακτικού κατά την εξάντληση στην KT και στις δύο ομάδες. Δεν παρατηρείται διαφορά στη συγκέντρωση γαλακτικού από το 10<sup>ο</sup> λεπτό έως το τέλος της άσκησης.

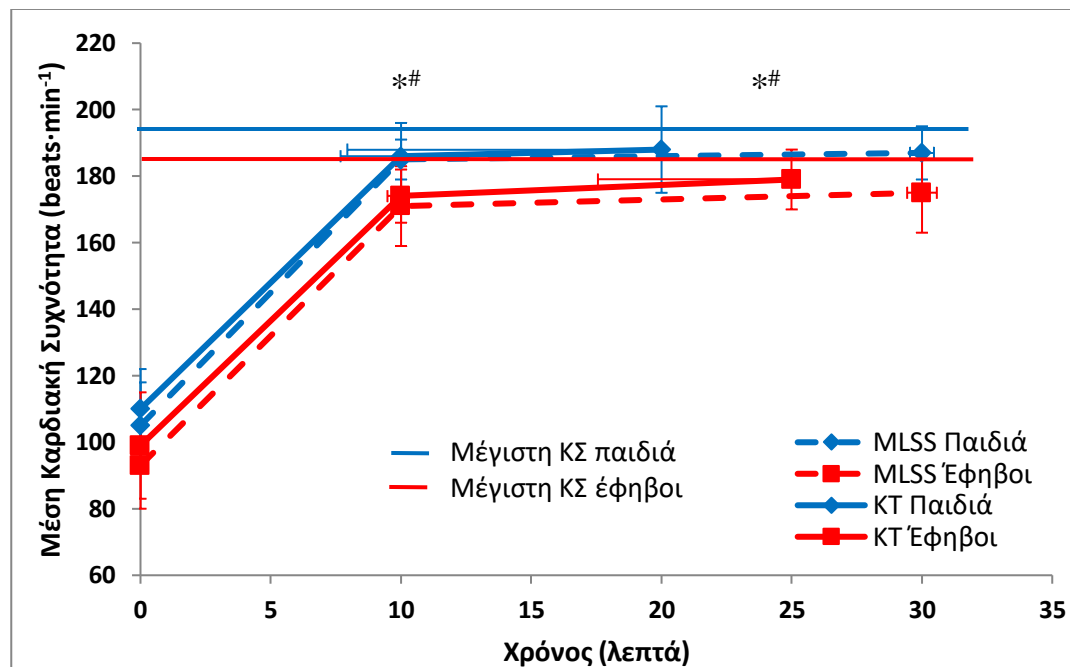
Η πρόσληψη οξυγόνου κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση δεν διέφερε μεταξύ των δοκιμασιών, ωστόσο στους εφήβους ήταν σταθερή μεταξύ του 10<sup>ου</sup> λεπτού και του τέλους των δοκιμασιών ενώ στα παιδιά παρουσίασε πτώση στο τέλος των προσπαθειών σε σχέση με το πρώτο 10<sup>ο</sup> λεπτό (Σχήμα 4.3). Η πρόσληψη οξυγόνου ως ποσοστό της  $VO_{2peak}$  μειώνεται και στις δύο ομάδες στο τέλος της προσπάθειας σε σχέση με το 10<sup>ο</sup> λεπτό και στις δύο δοκιμασίες (KT, παιδιά: 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $83,8 \pm 17,5\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $68,9 \pm 15,4\%$  της  $VO_{2peak}$ , έφηβοι: 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $81,3 \pm 15,0\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $75,1 \pm 13,1\%$  της  $VO_{2peak}$ ; sMLSS: παιδιά: 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $84,7 \pm 17,1\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $72,2 \pm 15,1\%$  της  $VO_{2peak}$ , έφηβοι: 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $73,1 \pm 9,8\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $72,2 \pm 11,9\%$  της  $VO_{2peak}$ ,  $p < 0,05$  μεταξύ 10<sup>ου</sup> λεπτού και τέλους δοκιμασίας και στις δύο ομάδες και στις δύο δοκιμασίες).



**Σχήμα 4.3.** Πρόσληψη οξυγόνου κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT, συνεχόμενη γραμμή) και τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS, διακεκομμένη γραμμή). \*:  $p < 0,05$  κατά το τέλος της προσπάθειας σε σχέση με το 10<sup>ο</sup> λεπτό στα παιδιά στην KT και τη sMLSS.

Η μέση ΚΣ στα τελευταία 30 s πριν από κάθε διακοπή της προσπάθειας (10<sup>ο</sup> λεπτό και τέλος δοκιμασίας) ήταν υψηλότερη στα παιδιά συγκριτικά με τους εφήβους κατά τη διάρκεια των προσπαθειών συνεχόμενης κολύμβησης στην KT και τη sMLSS ( $p < 0,05$ ). Επιπλέον, η ΚΣ ήταν υψηλότερη στην KT σε σύγκριση με τη sMLSS ( $p < 0,05$ ), ωστόσο δεν μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια των προσπαθειών ( $p > 0,05$ ; Σχήμα 4.4). Ωστόσο, η ΚΣ ως ποσοστό της μέγιστης ΚΣ (ΚΣmax) δεν διέφερε μεταξύ παιδιών και εφήβων αλλά μόνο μεταξύ των δοκιμασιών, όπου κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην KT η ΚΣ αντιστοιχούσε σε υψηλότερο ποσοστό της ΚΣmax σε σχέση με τη συνεχόμενη κολύμβηση στη sMLSS (KT παιδιά: 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $96,2 \pm 2,2\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $97,4 \pm 4,2\%$  ΚΣmax,  $p > 0,05$  μεταξύ 10<sup>ου</sup> λεπτού και τέλους δοκιμασίας; Έφηβοι, 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $94,5 \pm 3,5\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $97,2 \pm 4,6\%$  ΚΣmax,  $p > 0,05$  μεταξύ 10<sup>ου</sup> λεπτού και τέλους δοκιμασίας; sMLSS, παιδιά: 10<sup>ο</sup>

λεπτό:  $95,9 \pm 3,2\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $96,6 \pm 4,1\%$  ΚΣ<sub>max</sub>,  $p > 0,05$  μεταξύ 10<sup>ου</sup> λεπτού και τέλος δοκιμασίας; Έφηβοι, 10<sup>ο</sup> λεπτό:  $92,7 \pm 4,4\%$ , τέλος δοκιμασίας:  $94,7 \pm 4,3\%$  ΚΣ<sub>max</sub>,  $p > 0,05$  μεταξύ 10<sup>ου</sup> λεπτού και τέλους δοκιμασίας;  $p < 0,05$  μεταξύ των δοκιμασιών;  $p > 0,05$  μεταξύ ομάδων).



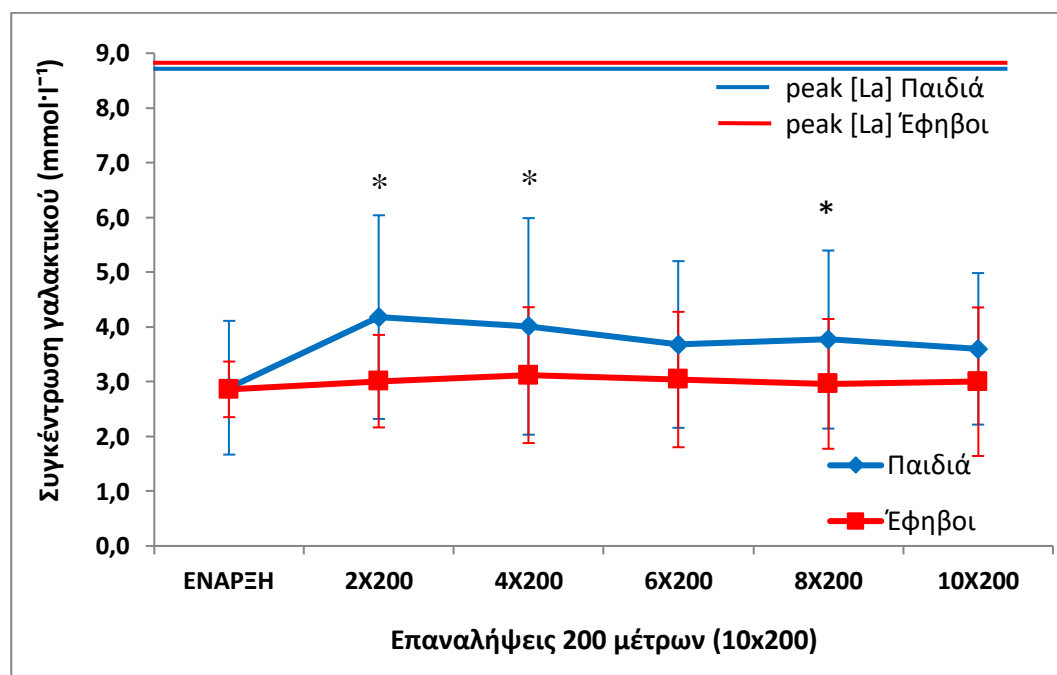
**Σχήμα 4.4.** Μέση καρδιακή συχνότητα των τελευταίων 30 s πριν από κάθε διακοπή της προσπάθειας (10<sup>ο</sup> λεπτό και τέλος δοκιμασίας) στις δοκιμασίες συνεχόμενης κολύμβησης στην κρίσιμη ταχύτητα (KT, συνεχόμενη γραμμή) και τη μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού (sMLSS, διακεκομμένη γραμμή). Η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) ήταν σταθερή από το 10<sup>ο</sup> λεπτό έως το τέλος της προσπάθειας σε όλες τις δοκιμασίες. \*:  $p < 0,05$  μεταξύ παιδιών και εφήβων στο 10<sup>ο</sup> λεπτό και στο τέλος των προσπαθειών στην KT και τη sMLSS. #:  $p < 0,05$  μεταξύ KT και sMLSS στο 10<sup>ο</sup> λεπτό και στο τέλος της προσπάθειας και στις δύο ομάδες. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη.

#### 4.2.2. Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ

Η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν παρόμοια μεταξύ των επαναλήψεων κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ και δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων (Σχήμα 4.5). Επιπλέον, η [La] στη διαλειμματική κολύμβηση δεν διέφερε από τη [La] που

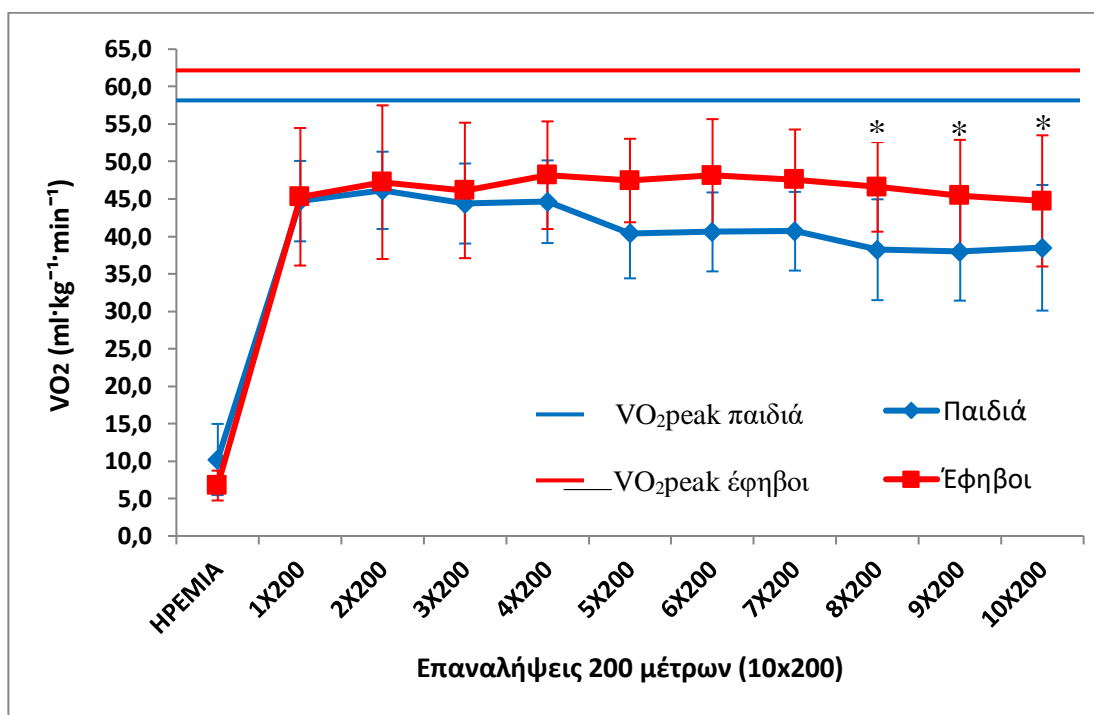
αντιστοιχεί στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ (2<sup>ο</sup> ΚΓ: παιδιά: 3,4±1,2, έφηβοι: 3,9±0,8 mmol·l<sup>-1</sup>; p>0,05 μεταξύ των ομάδων; p>0,05 μεταξύ ΚΓ και μέσης συγκέντρωσης [La] στη διαλειμματική κολύμβηση), όπως επίσης και από τη [La] κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ και τη sMLSS (p>0,05).

Η πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ ήταν σταθερή μεταξύ των επαναλήψεων στους εφήβους (p>0,05) ενώ στα παιδιά παρατηρήθηκε πτώση μετά την 8<sup>η</sup> επανάληψη σε σχέση με τη 2<sup>η</sup> και την 4<sup>η</sup> επανάληψη 200 μέτρων (p<0,05; Σχήμα 4.6). Η πρόσληψη οξυγόνου ως ποσοστό της VO<sub>2</sub>peak μειώνεται μετά την 8<sup>η</sup> επανάληψη σε 67,6±15,5 - 68,3±16,8 % συγκριτικά με τις πρώτες τέσσερις επαναλήψεις 200 μέτρων μετά από τις οποίες κυμάνθηκε από 79,8±18,5 έως 82,8±18,4 % (p<0,05).



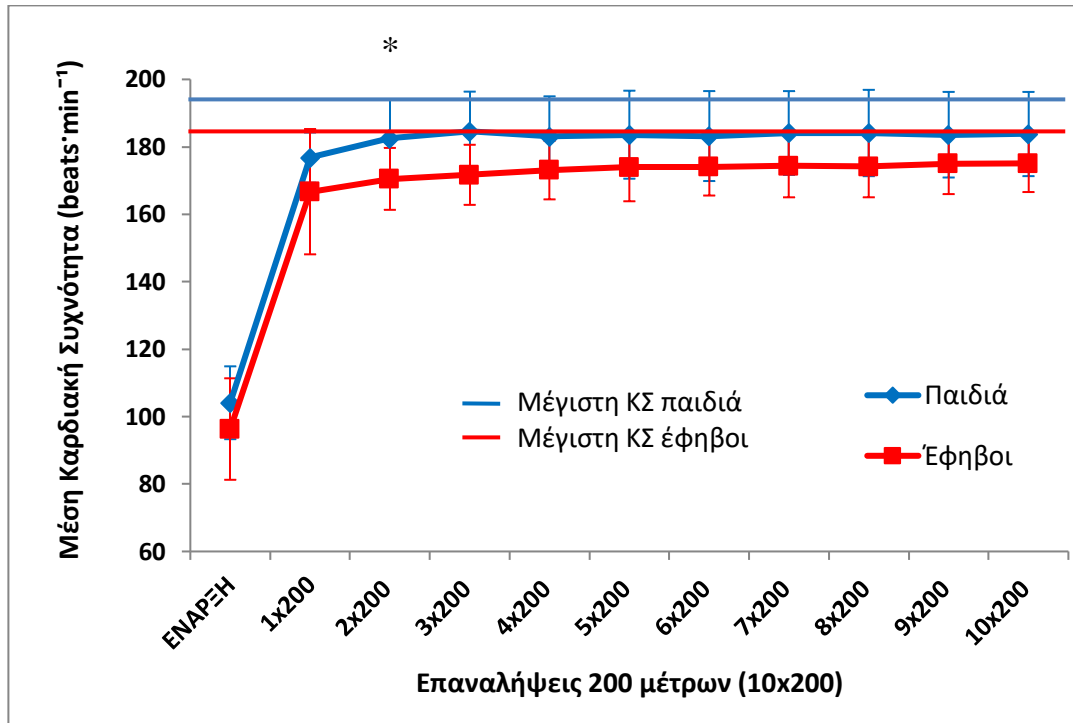
**Σχήμα 4.5.** Συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (ΚΤ). \*p<0,05 σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας (έναρξη) στα παιδιά. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και εφήβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη.

Η μέση ΚΣ στα τελευταία 30 s κάθε προσπάθειας 200 μέτρων ήταν παρόμοια μεταξύ παιδιών ( $183 \pm 2$ , εύρος: 177-185  $\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}$ ) και εφήβων ( $173 \pm 3$ , εύρος: 167-175  $\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $p > 0,05$  μεταξύ των ομάδων), ωστόσο παρέμεινε σταθερή κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας μετά τη 2<sup>η</sup> επανάληψη (Σχήμα 4.7). Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα αξιολογώντας την ΚΣ ως ποσοστό της ΚΣ<sub>max</sub> (παιδιά:  $94,6 \pm 1,1$ , εύρος: 91,4-95,4, έφηβοι:  $93,6 \pm 1,4$ , εύρος: 90,3-94,8% ΚΣ<sub>max</sub>),  $p > 0,05$  μεταξύ των ομάδων).



**Σχήμα 4.6.** Πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην κρίσιμη ταχύτητα (KT). \*:  $p < 0,05$  σε σχέση με τη 2<sup>η</sup> και την 4<sup>η</sup> επανάληψη στα παιδιά. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η VO<sub>2</sub>peak που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη.





**Σχήμα 4.7.** Μέση Καρδιακή Συχνότητα των τελευταίων 30 s στο τέλος κάθε επανάληψης κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής κολύμβησης στην κρίσιμη ταχύτητα (KT). \*:p<0,05 σε σχέση με την 1<sup>η</sup> επανάληψη. Με την οριζόντια μπλε και κόκκινη γραμμή προσδιορίζεται η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) που προσδιορίστηκε σε οποιαδήποτε από τις δοκιμασίες σε παιδιά και έφηβους αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη.

## V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι οι δύο ομάδες δεν ήταν ομοιογενείς αναφορικά με τη βιολογική τους ωρίμανση, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι εκτίμησης της βιολογικής ωρίμανσης των κολυμβητών (Duke, Litt, & Gross, 1980; Mirwald, Baxter-Jones, Bailey, & Beunen, 2002; Tanner, 1981). Παρόλο που η μέθοδος των Duke και συνεργατών (1980) πιθανό να μην αποτελεί τον ασφαλέστερο τρόπο προσδιορισμού της βιολογικής ωρίμανσης (Rasmussen et al., 2014), ο συνδυασμός των δύο μεθόδων (Duke et al., 1980; Mirgald et al., 2002) αποτελεί μια ένδειξη ότι οι δύο ομάδες βρίσκονταν σε διαφορετικό στάδιο ωρίμανσης.

### 5.1. Δείκτες ικανότητας αντοχής

Βασικό εύρημα της μελέτης είναι ότι στους εφήβους η ΚΤ δεν διαφέρει από τους υπόλοιπους δείκτες ικανότητας αντοχής (sMLSS, 2<sup>ο</sup> ΚΓ) ενώ στα παιδιά βρίσκεται υψηλότερα από την ταχύτητα στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ, εύρημα που έρχεται σε αντίθεση με παλαιότερη μελέτη όπου οι ερευνητές έδειξαν ότι σε παιδιά 10-12 ετών η ΚΤ βρίσκεται χαμηλότερα από την ταχύτητα στο ΚΓ (Mezzaroba et al., 2014). Η συγκεκριμένη διαφορά βέβαια μεταξύ των μελετών πιθανόν να σχετίζεται με τη διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σχετικά με τον υπολογισμό της ταχύτητας στο ΚΓ, όπου στη μελέτη των Mezzaroba και συνεργατών (2014), ως ταχύτητα στο ΚΓ θεωρήθηκε η ταχύτητα που αντιστοιχούσε στη χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (Mezzaroba et al., 2014). Παρόλο που γενικά φαίνεται ότι το 2<sup>ο</sup> ΚΓ είναι ίδιο με το MLSS, καθώς και τα δύο αποτελούν τη μέγιστη ένταση κατά την οποία δεν παρατηρείται συνεχής αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού (Dekerle et al., 2011; Faude et al., 2009), από την παρούσα μελέτη φαίνεται η ταχύτητα στο 2<sup>ο</sup> ΚΓ να είναι χαμηλότερη από τη sMLSS στα παιδιά αλλά αυτό δεν παρατηρείται στους εφήβους. Το γεγονός αυτό πιθανό να οφείλεται στις διαφορετικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του ΚΓ. Ωστόσο, η συγκέντρωση

γαλακτικού στο 2° ΚΓ δε διέφερε από τη μέση συγκέντρωση γαλακτικού στη sMLSS, και αυτό αναδεικνύει ότι οι δύο δείκτες πιθανό να οριοθετούν τις ίδιες περιοχές έντασης («έντονη» - «πολύ έντονη» περιοχή άσκησης). Επιπλέον, η ποσοστιαία διαφορά της ΚΤ σε σχέση με το 2° ΚΓ (~6% στα παιδιά) είναι μικρότερη συγκριτικά με αυτή που έχει παρατηρηθεί σε άλλες μελέτες (8-11%; Κωστούλας, Μπακανδρέας, Παξινός, & Τουμπέκης, 2011; Martin et al., 2000). Σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες, οι δείκτες ικανότητας αντοχής (ΚΤ-2° ΚΓ-MLSS) παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους (Chatard et al., 2003; Martin et al., 2000; Toubekis et al., 2006; Wakayoshi et al., 1993), ωστόσο αυτό δε σημαίνει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά ούτε ότι αντιπροσωπεύουν την ίδια περιοχή έντασης (Toubekis et al., 2013). Για να προσδιορισθεί σε ποια περιοχή έντασης αντιστοιχεί η ΚΤ θα πρέπει να αξιολογηθούν οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση σε αυτή την ένταση.

## 5.2. Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ

Παρόλο που και στις δύο ομάδες η ΚΤ δεν διέφερε από την sMLSS, αυτή η διαφορά της τάξεως του 1% (0,8% χαμηλότερη από την ΚΤ για τα παιδιά – 1,3% για τους εφήβους) φαίνεται να δυσκολεύει τους κολυμβητές να διατηρήσουν την ΚΤ κατά τη συνεχόμενη προσπάθεια και εγκαταλείπουν την προσπάθεια πριν συμπληρώσουν 30 λεπτά (Dekerle et al., 2010; Νικητάκης και συν., 2016). Οι κολυμβητές προκειμένου να συνεχίσουν την προσπάθεια, αναγκάζονται να κολυμπήσουν σε χαμηλότερη ένταση (~96-97% της ΚΤ; Dekerle et al., 2002; Greco et al., 2005). Στην παρούσα μελέτη τα παιδιά και οι έφηβοι κατάφεραν να διατηρήσουν την ΚΤ (99,1±1,2, 99,6±1,0% ΚΤ αντίστοιχα), όχι όμως για διάρκεια 30 λεπτών. Φαίνεται ότι το ενεργειακό κόστος στην κολύμβηση δεν αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της έντασης (Di Prampero, 1999; Hill, Steward, & Lane, 1995) και αυτό ίσως εξηγεί το λόγο που μια τόσο μικρή διαφορά (1%) μεταξύ των ταχυτήτων οδηγεί σε διαφορετική ικανότητα διατήρησης της απαιτούμενης ταχύτητας για χρονικό διάστημα 30 λεπτών. Έως τώρα, στη μοναδική μελέτη που είχαν αξιολογηθεί

οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε εντάσεις πάνω και κάτω από την ΚΤ, είχε χρησιμοποιηθεί σχετικά μεγάλο εύρος διαφοράς (5%) μεταξύ των εντάσεων (Dekerle et al., 2010). Στην ίδια μελέτη οι κολυμβητές δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν 30 λεπτά συνεχούς προσπάθειας, τερματίζοντας την προσπάθεια σε ~24 λεπτά (Dekerle et al., 2010), ενώ στην παρούσα μελέτη παιδιά και έφηβοι διέκοψαν την προσπάθεια σε ~21 και ~26 λεπτά αντίστοιχα. Αντίθετα, σε ένταση χαμηλότερη από την ΚΤ κατά 5%, οι κολυμβητές μπορούν να ολοκληρώσουν 30 λεπτά προσπάθειας (Dekerle et al., 2010). Ωστόσο, από τη δική μας μελέτη προκύπτει ότι και σε ταχύτητα 1% χαμηλότερη από την ΚΤ διαφοροποιείται η ικανότητα διατήρησης της ΚΤ, όπου παιδιά και έφηβοι καταφέρνουν να διατηρήσουν την ΚΤ για χρονικό διάστημα 30 λεπτών. Έτσι, φαίνεται ότι το εύρος διαφοράς 5% πιθανό να αποτελεί μεγάλο εύρος προκειμένου να διερευνηθεί η περιοχή έντασης στην οποία αντιστοιχεί η ΚΤ. Αυτό επιβεβαιώνει ότι το εύρος μεταξύ των δεικτών ικανότητας αντοχής είναι περιορισμένο στην κολύμβηση (Greco et al., 2013) και χρειάζεται να ελέγχονται οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε εντάσεις με μικρή διαφορά μεταξύ τους (1-2%) για τον πιο ασφαλή υπολογισμό των δεικτών. Παρόλο που και οι δύο ομάδες δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν 30 λεπτά συνεχούς προσπάθειας, παρατηρείται μια τάση για συμπλήρωση 30 λεπτών, ειδικότερα στους εφήβους. Η διαφορά αυτή μεταξύ των ομάδων πιθανόν να εξηγείται εξαιτίας της υψηλότερης σχετικής έντασης που αντιστοιχεί η ΚΤ στα παιδιά ( $94,6 \pm 3,2\%$  της  $sVO_2\text{peak}$ ) σε σχέση με τους εφήβους ( $90,7 \pm 3,6\%$  της  $sVO_2\text{peak}$ ;  $p < 0,05$  μεταξύ των ομάδων). Επιπλέον, το γεγονός ότι η καρδιακή συχνότητα κατά τη δοκιμασία συνεχόμενης κολύμβησης στην ΚΤ ήταν υψηλότερη από τη sMLSS αποτελεί μια πρώτη ένδειξη ότι η ΚΤ αντιστοιχεί σε ελαφρώς υψηλότερη ένταση από τη sMLSS. Η αδυναμία διατήρησης της ΚΤ για 30 λεπτά συνεχούς προσπάθειας μπορεί να οφείλεται στην υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού που εμφάνισαν και οι δύο ομάδες κατά το τέλος της συνεχόμενης κολύμβησης στην ΚΤ σε σχέση με τη sMLSS. Η αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού ενδέχεται να αναστέλλει την παροχή ενέργειας μέσω της

γλυκόλυσης, λόγω του όξινου περιβάλλοντος που δημιουργείται από τη διάσπαση του γαλακτικού οξέως σε ιόντα υδρογόνου και γαλακτικού (Bogdanis, 2012). Ωστόσο, αν συνυπολογίσουμε και την πρόσληψη οξυγόνου σε αυτές τις δοκιμασίες θα διαπιστώσουμε ότι και οι δύο ομάδες έφτασαν σε παρόμοια πρόσληψη οξυγόνου κατά την κολύμβηση στην ΚΤ (παιδιά: ~84%, έφηβοι: ~81% της  $VO_2peak$ ). Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τη μελέτη των Zacca και συνεργατών (2016), οι οποίοι είχαν δείξει ότι έφηβοι, κολυμπώντας στην ΚΤ, εμφανίζουν πρόσληψη οξυγόνου ~82% της  $VO_2peak$  (Zacca et al., 2016). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή τη μελέτη η ΚΤ είχε υπολογιστεί από το μοντέλο 4 παραμέτρων ( $KT_{4-par}$ ) και με διαφορετικό συνδυασμό αποστάσεων από αυτόν που χρησιμοποιήθηκε στη δική μας μελέτη, που σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η καταγραφή της πρόσληψης οξυγόνου δεν ήταν συνεχής αλλά κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, είναι πιθανό να υποτιμάται η πραγματική πρόσληψη οξυγόνου στην οποία φτάνουν οι κολυμβητές κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ. Σε κάθε περίπτωση πάντως, φαίνεται ότι, τόσο τα παιδιά όσο και οι έφηβοι, δεν φτάνουν τη  $VO_2peak$  κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ, σε αντίθεση με τους ενήλικες κολυμβητές, οι οποίοι πιθανόν να εμφανίζουν υψηλότερο ποσοστό (~95% της  $VO_2peak$ ; Dekerle et al., 2010).

Αντίθετα από τα ευρήματα στην παρούσα μελέτη, κατά τη συνεχόμενη προσπάθεια σε κυκλοεργόμετρο με ένταση που αντιστοιχεί στην Κρίσιμη Δύναμη, ενήλικοι δοκιμαζόμενοι παρουσιάζουν υψηλότερη και συνεχώς αυξανόμενη πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια της προσπάθειας (~91% της  $VO_2max$ ), που σε συνδυασμό με την αυξανόμενη συγκέντρωση γαλακτικού και καρδιακή συχνότητα αποδεικνύουν ότι η Κρίσιμη Δύναμη δεν αποτελεί ανεκτή ένταση (Brickley, Doust, & Williams, 2002). Ωστόσο, τόσο στη μελέτη των Brickley και συνεργατών (2002) όσο και στη δική μας παρατηρήθηκε μεγάλη μεταβλητότητα σχετικά με το χρόνο διατήρησης της ΚΤ (Brickley et al., 2002). Η ικανότητα διατήρησης της Κρίσιμης Δύναμης για μεγάλο χρονικό διάστημα (~30 λεπτά) φαίνεται να σχετίζεται με τη  $VO_2max$  (Brickley et al., 2002) και αυτό έρχεται σε συμφωνία με τη δική μας μελέτη

όπου ο χρόνος διατήρησης της ΚΤ κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με τη  $VO_2\text{peak}$  (Brickley et al., 2002). Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι οι συμμετέχοντες που εμφάνισαν υψηλότερη  $VO_2\text{peak}$  κατάφεραν να διατηρήσουν την ΚΤ για περισσότερο χρόνο σε σχέση με τους υπόλοιπους (Brickley et al., 2002).

### 5.3. Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική κολύμβηση στην ΚΤ

Σε αντίθεση με τη συνεχόμενη κολύμβηση, στη διαλειμματική, τόσο τα παιδιά όσο και οι έφηβοι, κατάφεραν να διατηρήσουν την ΚΤ σε όλες τις επαναλήψεις 200 μέτρων, με φυσιολογικές ανταποκρίσεις παρόμοιες με αυτές της sMLSS. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση γαλακτικού παρέμεινε σταθερή μεταξύ των επαναλήψεων, συγκριτικά με τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ όπου αυξήθηκε στο τέλος της προσπάθειας σε σχέση με το 10<sup>ο</sup> λεπτό. Ωστόσο, άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι στους εφήβους παρατηρείται αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού μετά τα 800 μέτρα (Filipatou et al., 2006) ή τα 1200 μέτρα (Toubekis et al., 2011) ενώ μόνο τα παιδιά καταφέρνουν να διατηρήσουν σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού μεταξύ επαναλήψεων 300 μέτρων (Filipatou et al., 2006). Βέβαια, στην παραπάνω μελέτη οι έφηβοι εκτελούσαν προσπάθειες 400 μέτρων, ενώ στη δική μας μελέτη και οι δύο ηλικιακές ομάδες εκτελούσαν προσπάθειες 200 μέτρων, γεγονός που ενδέχεται να σχετίζεται με τη σταθερή μεταβολική ανταπόκριση των κολυμβητών, καθώς όταν οι κολυμβητές εκτελούν προσπάθειες μικρής διάρκειας (έως 200 μέτρα) καταφέρνουν να διατηρούν σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού πιο εύκολα συγκριτικά με όταν καλούνται να εκτελέσουν προσπάθειες μεγαλύτερης διάρκειας (Beneke, Hutler, Von Duvillard, Sellens, & LeithÄuser, 2003; Dekerle et al., 2010; Olbrecht et al., 1985). Γενικότερα, αποκατάσταση 30-45 δευτερολέπτων μεταξύ των προσπαθειών φαίνεται να βοηθά τους κολυμβητές να διατηρούν την αποτελεσματικότητά τους και να περιορίζουν την απότομη αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού (Dekerle, 2006; Wakayoshi et al., 1993). Επίσης σταθερή ήταν και πρόσληψη οξυγόνου μεταξύ των επαναλήψεων και αντιστοιχούσε σε παρόμοιο ποσοστό της  $VO_2\text{peak}$  στα παιδιά και τους εφήβους. Επιπλέον, η ΚΣ ήταν σταθερή μεταξύ των επαναλήψεων και δεν

διέφερε μεταξύ παιδιών και εφήβων, όπως παρατηρείται και σε προηγούμενη μελέτη (Filipatou et al., 2006), ωστόσο σε σειρά επαναλήψεων που αποτελούνταν από 5 προσπάθειες 400 μέτρων οι έφηβοι είναι πιθανό να παρουσιάσουν αύξηση της ΚΣ μετά την 3<sup>η</sup> επανάληψη, η οποία συνεχίζεται μέχρι και την 5<sup>η</sup> επανάληψη (Ribeiro et al., 2010), φτάνοντας στο 99% της μέγιστης ΚΣ, σε αντίθεση με την παρούσα εργασία όπου παιδιά και έφηβοι παρουσίασαν ΚΣ που παρέμενε σταθερή στο 94-95% της μέγιστης ΚΣ.

## VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα παραπάνω επιβεβαιώνεται ότι το εύρος μεταξύ των περιοχών έντασης στην κολύμβηση είναι περιορισμένο (Greco, De Oliveira, Caputo, Denadai, & Dekerle, 2013) και αυτό είναι εντονότερο στους εφήβους σχετικά με τα παιδιά. Γι' αυτό, οι προπονητές και οι αθλητικοί επιστήμονες πρέπει να είναι πολύ αυστηροί και προσεκτικοί στον υπολογισμό των δεικτών αερόβιας ικανότητας. Λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο εξάντλησης και τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη κολύμβηση στην ΚΤ, φαίνεται ότι δεν αποτελεί ανεκτή ένταση την οποία παιδιά και έφηβοι κολυμβητές μπορούν να διατηρήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η πρόσληψη οξυγόνου δεν φτάνει τη μέγιστη ( $VO_{2peak}$ ) σε καμία ηλικιακή ομάδα. Έτσι, η ΚΤ δεν φαίνεται να αντιστοιχεί στην «εξαντλητική περιοχή άσκησης». Να σημειωθεί ότι η καταγραφή της πρόσληψης οξυγόνου στην αποκατάσταση είναι ένας από τους περιορισμούς της μελέτης και δεν μας επιτρέπει να βεβαιώσουμε αν οι κολυμβητές έφτασαν τη  $VO_{2peak}$  σε κάποιο άλλο χρονικό σημείο της προσπάθειας τους. Συνυπολογίζοντας το χρόνο εξάντλησης και τη συγκέντρωση γαλακτικού, η ΚΤ δεν φαίνεται να αντιστοιχεί στην «έντονη περιοχή άσκησης». Αντίθετα, η ΚΤ εκτιμάται ότι αντιστοιχεί στην «πολύ έντονη περιοχή άσκησης» και δε φαίνεται να διαφέρει μεταξύ παιδιών και εφήβων. Δεν γνωρίζουμε όμως, αν αποτελεί το διακριτό όριο μεταξύ «πολύ έντονης» και «εξαντλητικής» περιοχής άσκησης, όπως υποστηρίζουν άλλοι ερευνητές (Dekerle et al., 2011), καθώς, για να τοποθετηθούμε με ασφάλεια σχετικά με αυτό θα πρέπει να έχουμε δεδομένα για τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις σε ένταση υψηλότερη από την ΚΤ. Από την άλλη πλευρά, κατά τη διαλειμματική προπόνηση οι κολυμβητές ηλικίας 11-16 ετών είναι σε θέση να διατηρήσουν την ΚΤ σε σειρές επαναλήψεων που αποτελούνται από αποστάσεις 200 μέτρων και εμφανίζουν φυσιολογικές ανταποκρίσεις παρόμοιες με τη sMLSS.

Σε επόμενη μελέτη προτείνεται να αξιολογηθούν οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις στην ΚΤ και σε υψηλότερη ένταση προκειμένου να διευκρινιστεί αν αποτελεί το



διακριτό όριο μεταξύ των περιοχών έντασης της άσκησης («πολύ έντονης» και «εξαντλητικής»). Επίσης, προτείνεται να χρησιμοποιούνται εντάσεις που δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους (κάτω από 5%) καθώς από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι διαφορά της τάξεως του 1-2% μπορεί να προκαλεί διαφορετικές φυσιολογικές ανταποκρίσεις. Τέλος, η συνεχόμενη καταγραφή της κατανάλωσης οξυγόνου καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας στην ΚΤ, πιθανό να μας βοηθούσε να καταλήξουμε σε ασφαλέστερα συμπεράσματα σχετικά με την περιοχή έντασης που αντιστοιχεί η ΚΤ.

## VII. BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(6), 863-867.
- Beneke, R., Hütler, M., Von Duvillard, S. P., Sellens, M., & Leithäuser, R. M. (2003). Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(9), 1626-1630.
- Beneke, R., Leithäuser, R., & Hütler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 35(3), 192-196.
- Bentley, D., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis. *Sports Medicine*, 37(7), 575-586.
- Berg, A., Stippig, J., Keul, J., & Huber, G. (1980). Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Patienten mit coronarer Herzkrankheit. *Dtsch Z Sportmed*, 31, 199-205.
- Billat, L. V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports medicine*, 22(3), 157-175.
- Billat, V., Sirvent, P., Lepretre, P., & Koralsztein, J. (2004). Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. *Pflügers Archiv*, 447(6), 875-883.

- Bishop, D., Jenkins, D., & Howard, A. (1998). The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *International Journal of Sports Medicine*, 19(02), 125-129.
- Bogdanis, G. (2012). Effects of physical activity and inactivity on muscle fatigue. *Frontiers in Physiology*, 3, 142.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92.
- Brickley, G., Doust, J., & Williams, C. (2002). Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 146-151.
- Bunc, V., Heller, J., Novak, J., & Leso, J. (1985). Determination of the individual anaerobic threshold. *Acta Universitatis Carolinae Gymnica*, 21(1), 73-81.
- Cellini, M., Vitiello, P., Nagliati, A., Ziglio, P., Martinelli, S., Ballarin, E., & Conconi, F. (1986). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 7(06), 347-351.
- Chatard, J., & Wilson, B. (2003). Drafting distance in swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(7), 1176-1181.
- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A. C., Keizer, H. A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 13(07), 518-522.
- Costa, A., Silva, A., Louro, H., Reis, V., Garrido, N., Marques, M., & Marinho, D. (2009). Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 17-23.

- Dekerle, J and Pelayo, P. (2011). Assessing aerobic endurance in swimming. L. Seifert, D. Chollet, and I. Mujika, (Eds.), *In: World Book of Swimming: From Science to Performance* (pp. 277–296). New York: Nova Science Publishers
- Dekerle, J. (2006). The use of critical velocity in swimming. A place for critical stroke rate. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(Supl 2), 201-205.
- Dekerle, J., & Paterson, J. (2016). Muscle fatigue when swimming intermittently above and below critical speed. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 602-607.
- Dekerle, J., Baron, B., Dupont, L., Vanvelcenaher, J., & Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3-4), 281-288.
- Dekerle, J., Brickley, G., Alberty, M., & Pelayo, P. (2010). Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 365-370.
- Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Marchand, H., & Pelayo, P. (2005). Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine*, 26(01), 53-58.
- Dekerle, J., Pelayo, P., Clipet, B., Depretz, S., Lefevre, T., & Sidney, M. (2005). Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*, 26(07), 524-530.
- Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J. M., & Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front

- crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine*, 23(02), 93-98.
- Di Prampero, P. (1999). The concept of critical velocity: a brief analysis. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(2), 162-164.
- Di Prampero, P., Deckerle, J., Capelli, C., & Zamparo, P. (2008). The critical velocity in swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 102(2), 165-171.
- Duke, P., Litt, I., & Gross, R. (1980). Adolescents' self-assessment of sexual maturation. *Pediatrics*, 66(6), 918-920.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports Medicine*, 39(6), 469-490.
- Fawkner, S., & Armstrong, N. (2003). Oxygen uptake kinetic response to exercise in children. *Sports Medicine*, 33(9), 651-669.
- Fernandes, R. J., Sousa, M., Pinheiro, A., Vilar, S., Colaço, P., & Vilas-Boas, J. P. (2010). Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10–11 years. *European Journal of Sport Science*, 10(5), 311-317.
- Fernandes, R., & Vilas-Boas, J. (1999). Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, 28 June-2 July 1998* (pp. 233-244). Jyväskylä, Finland: Gummerus Printing, 1999.
- Fernandes, R., Almeida, M., Morais, P., Machado, L., Soares, S., Ascensão, A., ... & Vilas-Boas, J. P. (2005). Individual Anaerobic Threshold assessment in a swimming incremental test for VO<sub>2</sub>max evaluation. In *Abstract Book of the*

*10th Annual Congress of the European College of Sport Science. Belgrade, Serbia: Sport Medicine Association of Serbia (Vol. 266).*

- Filipatou, E., Toubekis, A., Douda, H., Pilianidis, T., & Tokmakidis, S. (2006). Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of the critical velocity in children and young swimmers. *Portuguese Journal of Sport Science*, 6(Suppl 2), 132-134.
- Gastin, P. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741.
- Greco, C., De Oliveira, M., Caputo, F., Denadai, B., & Dekerle, J. (2013). How narrow is the spectrum of submaximal speeds in swimming?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1450-1454.
- Greco, C., & Denadai, B. (2005). Relationship between critical speed and endurance capacity in young swimmers: effect of gender and age. *Pediatric Exercise Science*, 17(4), 353-363.
- Hill, D. W., Steward Jr, R. P., & Lane, C. J. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 7(3), 281-293.
- Hughson, R., & Green, H. (1981). Blood acid-base and lactate relationships studied by ramp work tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(4), 297-302.
- Invernizzi, P., Caporaso, G., Longo, S., Scurati, R., & Alberti, G. (2008). Correlations between upper limb oxygen kinetics and performance in elite swimmers. *Sport Sciences for Health*, 3(1-2), 19.
- Kindermann, W., Simon, G., & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during

endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(1), 25-34.

Kostoulas, I. D., Toubekis, A. G., Paxinos, T., Volaklis, K., & Tokmakidis, S. P. (2018). Active recovery intervals restore initial performance after repeated sprints in swimming. *European Journal of Sport Science*, 18(3), 323-331.

Κλεισούρας, Β. (2011). Εργοφυσιολογία. Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης

Κωστούλας, Ι., Μπακανδρέας, Κ., Παξινός, Θ., & Τουμπέκης, Α. (2011). *Κρίσιμη ταχύτητα και κατώφλι γαλακτικού σε κολυμβητές υψηλού επιπέδου*. Δημοσιευμένη εργασία στο επιστημονικό συνέδριο «Έρευνα και εφαρμογές στην αθλητική επιστήμη». Αθήνα, Ελλάδα.

LaFontaine, T., Londeree, B., & Spath, W. (1980). The maximal steady state versus selected running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(3), 190-193.

Machado, M., Júnior, O., Marques, A., Colantonio, E., Cyrino, E., & De Mello, M. (2011). Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. *European Journal of Sport Science*, 11(3), 165-170.

Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P., & Hollmann, W. (1976). Zur beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor. *Sportarzt Sportmed*, 27(80), 199.

Martin, L., & Whyte, G. (2000). Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 21(05), 366-368.

- Mezzaroba, P., Papoti, M., & Machado, F. (2014). Comparison between lactate minimum and critical speed throughout childhood and adolescence in swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 26(3), 274-280.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689-694.
- Monod, H., & Scherrer, J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 8(3), 329-338.
- Morton, H. (1996). A 3-parameter critical power model. *Ergonomics*, 39(4), 611-619.
- Νικητάκης, Ι., Μιχαλόπουλος, Γ., Νικολόπουλος, Α., & Τουμπέκης, Α. (2016). Συγκέντρωση γαλακτικού και ικανότητα διατήρησης της κρίσιμης ταχύτητας σε παιδιά και εφήβους κολυμβητές. Δημοσιευμένη εργασία στο 6<sup>ο</sup> Συνέδριο Βιοχημείας και Φυσιολογίας της Άσκησης. Αθήνα, Ελλάδα.
- Pyne, D., Lee, H., & Swanwick, K. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(2), 291-297.
- Rasmussen, A., Wohlfahrt-Veje, C., de Renzy-Martin, K., Hagen, C., Tinggaard, J., Mouritsen, A., Mieritz, M., & Main, K. (2014). Validity of self-assessment of pubertal maturation. *Pediatrics*, peds-2014.
- Ratel, S., Duché, P., & Williams, C. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*, 36(12), 1031-1065.
- Ribeiro, L., Lima, M., & Gobatto, C. (2010). Changes in physiological and stroking parameters during interval swims at the slope of the d-t relationship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 141-145.



- Roels, B., Schmitt, L., Libicz, S., Bentley, D., Richalet, J., & Millet, G. (2005). Specificity of  $\dot{V}O_2\text{max}$  and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 39(12), 965-968.
- Stegmann, H., & Kindermann, W. (1982). Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol·L<sup>-1</sup> lactate. *International Journal of Sports Medicine*, 3(02), 105-110.
- Stegmann, H., Kindermann, W., & Schnabel, A. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 2(03), 160-165.
- Tanner, J. M. (1981). Growth and maturation during adolescence. *Nutrition Reviews*, 39(2), 43-55.
- Toubekis, A., & Tokmakidis, S. (2013). Metabolic responses at various intensities relative to critical swimming velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1731-1741
- Toubekis, A., Tsami, A., & Tokmakidis, S. (2006). Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 27(02), 117-123.
- Toubekis, A., Tsami, A., Smilios, I., Douda, H., & Tokmakidis, S. (2011). Training-induced changes on blood lactate profile and critical velocity in young swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1563-1570.
- Toubekis, A. G., Vasilaki, A., Douda, H., Gourgoulis, V., & Tokmakidis, S. (2011). Physiological responses during interval training at relative to critical velocity

- intensity in young swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4), 363-368.
- Tsalis, G., Toubekis, A., Michailidou, D., Gourgoulis, V., Douda, H., & Tokmakidis, S. (2012). Physiological responses and stroke-parameter changes during interval swimming in different age-group female swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3312-3319.
- Tsekouras, Y., Kavouras, S., Campagna, A., Kotsis, Y., Syntosi, S., Papazoglou, K., & Sidossis, L. (2005). The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 35-41.
- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(2), 153-157.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Kasai, T., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992). Validity of critical velocity as swimming fatigue threshold in the competitive swimmer. *The Annals of Physiological Anthropology*, 11, 301-307.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Harada, T., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(1), 90-95.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Kasai, T., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992). A simple method for determining critical speed as swimming

fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 13(05), 367-371.

Weltman, A., Snead, D., Seip, R., Schurrer, R., Levine, S., Rutt, R., Reilly, T., Weltman, J., & Rogol, A. (1987). Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m running performance in male runners. *International Journal of Sports Medicine*, 8(06), 401-406.

Wright, B., & Smith, D. (1994). A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. In *Medicine and Science in Aquatic Sports* (Vol. 39, pp. 55-59). Karger Publishers.

Yoshida, T., Chida, M., Ichioka, M., & Suda, Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(1), 7-11.

Zacca, R., & Castro, F. (2009). Comparison between different models to determine the critical speed in young swimmers. *Brazilian Journal of Exercise Physiology*, 8(2), 52-60.

Zacca, R., Fernandes, R., Pyne, D., & Castro, F. (2016). Swimming training assessment: the critical velocity and the 400-m test for age-group swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1365-1372.

Zacca, R., Wenzel, B., Piccin, J., Marcilio, N., Lopes, A., & Castro, F. (2010). Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 121-131.

Zamparo, P. (2006). Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 52-58.

Zamparo, P., Lazzer, S., Antoniazzi, C., Cedolin, S., Avon, R., & Lesa, C. (2008). The interplay between propelling efficiency, hydrodynamic position and energy cost of front crawl in 8 to 19-year-old swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 104(4), 689-699.

## VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Έντυπο συγκατάθεσης



## ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ

Ο Νικητάκης Ιωάννης, μεταπτυχιακός φοιτητής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, σας προσκαλώ να συμμετάσχετε σε έρευνα που διεξάγεται στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Η έρευνα θα γίνει υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Ανάργυρου Τουμπέκη.

Η ερευνητική πρόταση έχει εγκριθεί με την υπ' αριθμό 1031/6/12/2017 απόφαση της Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας – Βιοηθικής του τμήματος.

Οι συμμετέχοντες έχουν το δικαίωμα να μη συμμετάσχουν στη μελέτη και να διακόψουν όποτε το θελήσουν. Θα τηρηθεί ανωνυμία και τα δεδομένα δεν θα δημοσιοποιηθούν. Οι συμμετέχοντες θα απασχοληθούν για 5-7 ημέρες και για έως μία ώρα κάθε φορά. Τα αποτελέσματα της μελέτης ενδεχομένως να δημοσιευθούν σε επιστημονικό περιοδικό και κάθε συμμετέχων θα έχει το δικαίωμα να ενημερωθεί για τα προσωπικά του αποτελέσματα αν το επιθυμήσει. Η έρευνα θα διεξαχθεί για καθαρά επιστημονικούς λόγους και δεν υπάρχει εκμετάλλευση. Τέλος δεν θα υπάρχει άλλο όφελος για τους συμμετέχοντες πέραν της ικανοποίησης από τη συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο επιστημονικό έργο.

**Τίτλος εργασίας:** Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση σε διαφορετικές περιοχές έντασης.

**Σκοπός εργασίας:** Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αποσαφηνισθούν οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη διαλειμματική και συνεχόμενη κολύμβηση σε διάφορες περιοχές έντασης, να διευκρινισθεί σε ποια περιοχή έντασης αντιστοιχεί η Κρίσιμη Ταχύτητα (KT) και να εντοπιστούν τυχόν διαφορές μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών ομάδων.

**Οφέλη που θα προκύψουν από την εργασία:** Από τα αποτελέσματα της μελέτης θα αποκτήσουμε πολύ σημαντικά δεδομένα για τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις (πρόσληψη οξυγόνου – συγκέντρωση γαλακτικού) κατά τη διαλειμματική και συνεχόμενη κολύμβηση στην KT σε παιδιά και εφήβους. Με την ολοκλήρωση της μελέτης θα είναι δυνατό να προσδιορίσουμε την περιοχή έντασης που αντιστοιχεί η KT σε παιδιά και έφηβους κολυμβητές.

### **Δοκιμασίες**

Όλες οι δοκιμασίες θα πραγματοποιηθούν στο κολυμβητήριο της ΣΕΦΑΑ (κλειστό κολυμβητήριο 25 μέτρων). Πριν από κάθε δοκιμασία θα προηγείται προθέρμανση που θα αποτελείται από 800 μέτρα κολύμβησης (400 μ. ελεύθερο, 200 μ. ασκήσεις τεχνικής, 4 προσπάθειες 50 μ. σε ρυθμό των 400 μέτρων).

**1<sup>η</sup> ημέρα:** Θα καταγραφούν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά: ανάστημα, άνοιγμα χεριών, σωματική μάζα. Αμέσως μετά θα ακολουθήσουν δύο προσπάθειες κολύμβησης μέγιστης έντασης 200 και 400 μέτρων με 30' αποκατάσταση μεταξύ των προσπαθειών. Μετά την προσπάθεια των 400 μέτρων θα γίνει λήψη αίματος από τα δάχτυλο του δοκιμαζόμενου για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού και θα τοποθετηθεί στο στόμα του μια ειδική μάσκα για να πραγματοποιηθεί πρόσληψη εκπνεόμενου αέρα.

**Επόμενη ημέρα (2<sup>η</sup>):** Θα πραγματοποιηθούν 7 προσπάθειες 200 μέτρων κολύμβησης προοδευτικά αυξανόμενης έντασης με εκκίνηση κάθε πέντε λεπτά. Η πρώτη προσπάθεια θα πραγματοποιηθεί στο 65% της μέγιστης ταχύτητας 200 μέτρων

και η τελευταία προσπάθεια θα γίνεται με μέγιστη ένταση. Πριν από την έναρξη της δοκιμασίας και μετά από κάθε προσπάθεια θα γίνεται λήψη αίματος και πρόσληψη εκπνεόμενου αέρα.

**Επόμενες ημέρες (3<sup>η</sup>-4<sup>η</sup>-(5<sup>η</sup>)):** Θα πραγματοποιηθούν δύο – τρεις προσπάθειες συνεχόμενης κολύμβησης 30' με σταθερή ταχύτητα που αντιστοιχεί στην ΚΤ, 2% υψηλότερη και 4% υψηλότερη από την ΚΤ. Σε αυτές τις δοκιμασίες, πριν την έναρξη της δοκιμασίας, στο 10<sup>ο</sup> λεπτό και στο 30<sup>ο</sup> λεπτό άσκησης θα πραγματοποιείται λήψη αίματος και πρόσληψη εκπνεόμενου αέρα.

**Τελευταία ημέρα:** Οι δοκιμαζόμενοι θα εκτελέσουν 10 προσπάθειες 200 μέτρων με ταχύτητα που αντιστοιχεί στην ΚΤ και με διάλειμμα 30-45 s μεταξύ των επαναλήψεων. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας, και μετά από την 2<sup>η</sup> – 4<sup>η</sup> – 6<sup>η</sup> – 8<sup>η</sup> – 10<sup>η</sup> επανάληψη θα πραγματοποιείται λήψη αίματος ενώ μετά από κάθε προσπάθεια θα πραγματοποιείται πρόσληψη εκπνεόμενου αέρα.

Σε όλες τις δοκιμασίες θα καταγράφεται συνεχώς η Καρδιακή Συχνότητα των δοκιμαζομένων. Επιπλέον, μετά από κάθε προσπάθεια θα καταγράφεται η υποκειμενική αντίληψη κόπωσης. Τέλος, στις δοκιμασίες συνεχόμενης και διαλειμματικής κολύμβησης θα τοποθετείται δίπλα στο αντί του κολυμβητή ειδική συσκευή που θα εκπέμπει σταθερά ηχητικό σήμα, ώστε να βοηθάει τον κολυμβητή να κρατά την ταχύτητά του σταθερή.

Από τις παραπάνω δοκιμασίες δεν υπάρχουν κίνδυνοι καθώς θα τηρούνται όλες οι προδιαγραφές ασφάλειας και υγιεινής (κατά την αιμοληψία ο ερευνητής θα φορά ιατρικά γάντια και πριν και μετά την αιμοληψία θα καθαρίζεται το σημείο που θα πραγματοποιείται η αιμοληψία με οινόπνευμα).

Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων.

Δηλώνω ότι: α) διάβασα και κατανόησα το περιεχόμενο έρευνας με τίτλο «Φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά τη συνεχόμενη και διαλειμματική κολύμβηση σε διαφορετικές περιοχές έντασης» που διεξάγεται από επιστημονικό προσωπικό του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, β) μου δόθηκε το δικαίωμα να αποφασίσω αν θα συμμετάσχω ή όχι, γ) μου δόθηκε το δικαίωμα να κάνω διευκρινιστικές ερωτήσεις, δ) η συμμετοχή μου είναι εντελώς εθελοντική, ε) έχω δικαίωμα να διατηρήσω την ανωνυμία μου και στ) έχω δικαίωμα να διακόψω όποτε θελήσω.

Όνοματεπώνυμο δηλούντος .....

Υπογραφή .....

Υπογραφή γονέα ή κηδεμόνα .....

Ημερομηνία.....