



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

« ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΡΙΑΘΛΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ»

Παπαβασιλείου Θωμάς

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

ΑΘΗΝΑ 2017

© Copyright
Παπαβασιλείου Θωμάς
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Μέλη της Συμβουλευτικής Εξεταστικής Επιτροπής

Ζαχαρόγιαννης Ηλίας
Επίκουρος Καθηγητής

Σουλτανάκη Ελένη
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Παραδείσης Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής

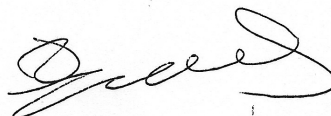
ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Του Θωμά Παπαβασιλείου

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Γ.Σ.Ε.Σ. της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 30/11/2017 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής του **κ. Θωμά Παπαβασιλείου** με τίτλο: «Συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Η. Ζαχαρόγιαννη**, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Ε. Σουλτανάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, **Γ. Παραδείσης**, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 12/1/2018 ημέρα Παρασκευή και ώρα 15:00 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 κρίνόμενη 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:

Η. Ζαχαρόγιαννης, Επίκουρος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών**Ε. Σουλτανάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών**Γ. Παραδείσης**, Αναπληρωτής Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός» της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ. Η επιτυχής ολοκλήρωσή της οφείλεται στην βοήθεια και την συνεισφορά πολλών ανθρώπων, τους οποίους αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω:

- Τον Επίκουρο Καθηγητή Κλασικού Αθλητισμού, Δρ. Ζαχαρόγιαννη Ηλία, ο οποίος ως επιβλέπων καθηγητής μου, με βοήθησε, συμβούλευσε και καθοδήγησε σε όλα τα στάδια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών. Του οφείλω πολλά για την φιλικότητά του και την ποιοτική συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια της θητείας μου στο ΣΕΦΑΑ.
- Την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εργοφυσιολογίας, Δρ. Σουλτανάκη Ελένη, καθώς και τον Επίκουρο Καθηγητή Κλασικού Αθλητισμού, Δρ. Παραδείση Γεώργιο, για το ενδιαφέρον τους, την πολύτιμη βοήθεια τους και τα εποικοδομητικά τους σχόλια πάνω στην παρούσα μελέτη.
- Τους γονείς μου Δημήτρη και Μαρία και τον αδελφό μου Ιωάννη για την άνευ όρων αγάπη τους και τη στήριξή τους σε κάθε μου προσπάθεια. Τους ευχαριστώ που έκαναν τα πάντα για να έχω τις καλύτερες εμπειρίες τόσο στον ακαδημαϊκό όσο και στον αθλητικό χώρο.
- Τους ανηψιούς μου Δημήτρη και Χριστόφορο που με το νεανικό ενθουσιασμό τους και την αγάπη τους με ενθάρρυναν να ολοκληρώσω την έρευνα αυτή.
- Τη σύντροφό μου και συναθλήτρια Χαρούλα Λέντζου που με παρακίνησε να κάνω μεταπτυχιακές σπουδές στο ΤΕΦΑΑ και στάθηκε δίπλα μου με υπομονή και αγάπη καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.
- Τους δοκιμαζόμενους τριαθλητές, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα αυτή και κατέβαλλαν κάθε δυνατή προσπάθεια από την πλευρά τους.

ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΡΙΑΘΛΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ.

Περίληψη

Το τρίαθλο είναι άθλημα αντοχής και περιλαμβάνει τα αγωνίσματα της κολύμβησης, της ποδηλασίας και του δρόμου, με την παραπάνω σειρά, χωρίς διάλειμμα χρόνου μεταξύ των αθλημάτων. Η επιτυχία ενός αθλητή σ' αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά του να εκτελεί διαδοχικά τα 3 επί μέρους αθλήματα αλλά και τις 2 αλλαγές στον ελάχιστο δυνατό χρόνο, αξιοποιώντας με τον πλέον οικονομικό τρόπο υψηλές ποσότητες ενέργειας για παρατεταμένο χρονικό διάστημα.

Πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την επίδραση επιλεγμένων φυσιολογικών μεταβλητών όπως η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max), η ενεργειακή οικονομία, η ποσοστιαία αξιοποίηση της VO_2max ($\%\text{VO}_2\text{max}$) και το αναερόβιο κατώφλι (AK), στην επίδοση μεμονωμένων αθλημάτων αντοχής. Όσον αφορά το τρίαθλο οι περισσότερες μελέτες έχουν εξετάσει τρίαθλο Ολυμπιακής απόστασης, Half Ironman και Ironman. Ελάχιστες μελέτες έχουν εξετάσει το τρίαθλο μικρής διάρκειας. Σκοπός, επομένως της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων και της αγωνιστικής επίδοσης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας.

Για το σκοπό αυτόν, χρησιμοποιήθηκαν 15 άτομα, άντρες, τριαθλητές μέτρια προπονημένοι. Οι τριαθλητές αυτοί κλήθηκαν να εκτελέσουν α) δύο προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες μέχρι εξάντλησης σε δαπεδοεργόμετρο και σε κυκλοεργόμετρο, β) δύο δοκιμασίες για την αξιολόγηση της αναερόβιας ικανότητάς τους, σε δαπεδοεργόμετρο και σε κυκλοεργόμετρο, και γ) έναν αγώνα τρίαθλου μικρής διάρκειας (κολύμβηση 750 m, ποδηλασία 20 km και τρέξιμο 5 km). Οι δοκιμασίες στο εργαστήριο ολοκληρώθηκαν μέσα στο χρονικό διάστημα 2 εβδομάδων πριν έως 2 εβδομάδων μετά την αγωνιστική προσπάθεια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, σε μέτρια προπονημένους τριαθλητές, η συνολική επίδοση τρίαθλου μικρής διάρκειας μπορεί να προβλεφθεί με ικανοποιητική ακρίβεια από επιλεγμένες φυσιολογικές παραμέτρους στο δαπεδοεργόμετρο και

στο κυκλοεργόμετρο. Η συνολική επίδοση παρουσίασε υψηλή συσχέτιση ($r = -0,811$, $p < 0,05$) με τη VO_2max ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$) στο κυκλοεργόμετρο, και ($r = -0,757$, $p < 0,05$) με τη VO_2max ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) στο δαπεδοεργόμετρο. Μετά από σταδιακή πολλαπλή παλινδρόμηση με τις φυσιολογικές παραμέτρους από το τρέξιμο ως ανεξάρτητες μεταβλητές βρέθηκε ότι, οι VO_2max ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$), Time_{CF} , CHORate @ VT και % Σωματικό λίπος συνδυαστικά ευθύνονται για το 91% της διασποράς στην τελική επίδοση ($R^2 = 0,912$). Για τις φυσιολογικές παραμέτρους από το ποδήλατο βρέθηκε ότι, οι VO_2max ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$), VO_2max ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) και PFmax συνδυαστικά εξηγούν το 88% της διασποράς στην τελική επίδοση ($R^2 = 0,882$).

Λέξεις κλειδιά: τρίαθλο μικρής διάρκειας, επίδοση, φυσιολογικές παραμέτροι.

CONTRIBUTION OF SELECTED PHYSIOLOGICAL VARIABLES ON SPRINT TRIATHLON PERFORMANCE.

ABSTRACT

Triathlon is an endurance contest that requires continuous and sequential completion of swimming, cycling and running, usually in the above order. A successful triathlete will be capable of executing the above three disciplines, including the two transitions, in the least amount of time while expending large amounts of energy for prolonged periods of time in the most economical way.

Many studies have examined the contribution of selected physiological variables such as VO_2max , economy of movement, fractional utilization of VO_2max and anaerobic threshold on the performance of individual sports. In triathlon most previous research efforts have mainly examined Olympic distance, Half Ironman or Ironman, while there is a paucity of results in the sprint distance despite the fact that sprint is the most popular triathlon distance.

Accordingly, the aim of this study was to assess whether significant correlations exist between a number of selected physiological variables measured during conventional laboratory testing on a cycle ergometer and a treadmill and sprint triathlon performance. A second purpose of this study was to determine whether selected physiological variables could accurately predict race time in sprint triathlon competition.

15 moderately trained male triathletes participated in this study. All triathletes performed in random order 1) two graded maximal exercise tests, on a cycle ergometer and a treadmill to determine their maximal oxygen uptake, 2) two anaerobic capacity tests, on a cycle ergometer and a treadmill. Within two weeks before or two weeks after the testing, all triathletes participated in a sprint triathlon race, at sea level on a flat course that consisted of a 750 m sea swim, a 20 km cycle, and 5 km run.

The results showed that significant correlations exist between VO_2max during cycling ($r = -0,811$, $p < 0,05$) or running ($r = -0,757$, $p < 0,05$) and overall triathlon performance. Stepwise multiple linear regression analysis with triathlon performance as the dependent variable and the physiological measures during running as the independent variables showed that VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$), Time_CF, CHOrate @ VT και % body fat yielded the best prediction of performance ($R^2 = 0,912$). When only the physiological variables from cycling were included into the model, the results showed that VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$), VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) and PFmax (rpm) explained 88% of the sprint triathlon performance variation. Thus our data indicate that overall race time for moderately trained triathletes, competing over the sprint distance can be accurately predicted from maximal and submaximal laboratory measures.

Key words: triathlon, performance, physiological variables, sprint distance

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό κρίσης μεταπτυχιακής διατριβής.....	iv
Ευχαριστίες.....	v
Περίληψη στα Ελληνικά.....	vi
Περίληψη στα Αγγλικά (Abstract).....	viii
Πίνακας Περιεχομένων.....	x
Κατάλογος Πινάκων	xii
Κατάλογος Σχημάτων.....	xiii
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών.....	xiv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Διατύπωση του προβλήματος.....	6
1.2. Υποθέσεις.....	9
1.3. Προυποθέσεις και οριοθετήσεις.....	9
1.4. Περιορισμοί.....	10
1.5. Σημαντικότητα	10
1.6. Διευκρίνιση όρων.....	11
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	13
2.1. Ιστορική εξέλιξη του αθλήματος του τριάθλου.....	13
2.2. Φυσικά χαρακτηριστικά των τριαθλητών.....	17
2.3. Φυσιολογικά χαρακτηριστικά των τριαθλητών.....	22
2.4. Μέγιστες τιμές της αερόβιας ικανότητας	23
2.4.1. Κολύμβηση.....	27
2.4.2. Ποδηλασία.....	28
2.4.3. Τρέξιμο	29
2.4.4. Τρίαθλο.....	30
2.5. Υπομέγιστες τιμές της αερόβιας ικανότητας, αναερόβιο κατώφλι	37
2.5.1. Κολύμβηση.....	38
2.5.2. Ποδηλασία.....	39
2.5.3. Τρέξιμο	41

2.5.4. Τρίαθλο	42
2.6. Υπομέγιστες τιμές της αερόβιας ικανότητας, ενεργειακή οικονομία	46
2.6.1. Κολύμβηση	47
2.6.2. Ποδηλασία	48
2.6.3. Τρέξιμο	49
2.6.4. Τρίαθλο	50
2.7. Άλλες παράμετροι της αερόβιας ικανότητας	51
2.8. Ειδικά θέματα στο τρίαθλο	51
2.8.1. Επίδραση της κολύμβησης στην ποδηλασία	54
2.8.2. Επίδραση της ποδηλασίας στο τρέξιμο	54
2.9. Εκτίμηση της επίδοσης από χρόνους τερματισμού σε μικρότερης διάρκειας αγώνες ή επί μέρους σκέλη.....	57
2.10. Συμπέρασμα	58
III. ΜΕΘΟΔΟΣ.....	59
3.1. Δείγμα	59
3.2. Όργανα-Εξοπλισμός	59
3.3. Διαδικασία-Σχεδιασμός	63
3.4. Στατιστική ανάλυση.....	65
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	66
4.1. Χαρακτηριστικά δείγματος.....	66
4.2. Φυσιολογικές παράμετροι.....	66
4.3. Αγωνιστική δοκιμασία τρίαθλου μικρής διάρκειας.....	67
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	75
5.1. Χαρακτηριστικά δείγματος.....	75
5.2. Σχετικά με τις ερευνητικές υποθέσεις	84
5.3. Συμπεράσματα	85
Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	85
VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	87
VII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
7.1. Έντυπο δήλωσης συγκατάθεσης.....	100

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.	Τιμές της VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) τριαθλητών συγκριτικά με αυτές αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων	25
Πίνακας 4.1.	Σωματομετρικά και ηλικιακά χαρακτηριστικά του δείγματος. ...	66
Πίνακας 4.2.	Μέσες τιμές των φυσιολογικών παραμέτρων από τις μέγιστες δοκιμασίες σε δαπεδοεργόμετρο και σε κυκλοεργόμετρο για τους ($n=15$) δοκιμαζόμενους.	67
Πίνακας 4.3.	Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των χρόνων των επί μέρους σκελών της κολύμβησης (Tswim), της ποδηλασίας (Tbike), του δρόμου (Trun), των δύο αλλαγών (T_1) και (T_2) καθώς και του συνολικού χρόνου (Ttotal) της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας. Επίσης φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των χρόνων των επί μέρων σκελών και του Ttotal.	68
Πίνακας 4.4.	Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων από τις δοκιμασίες σε δαπεδοεργόμετρο και των χρόνων των επί μέρους σκελών, κολύμβησης (Tswim), ποδηλασίας (Tbike), δρόμου (Trun), των δύο αλλαγών (T_1) και (T_2) καθώς και του συνολικού χρόνου (Ttotal) της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας.	69
Πίνακας 4.5.	Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων από τις δοκιμασίες σε κυκλοεργόμετρο και των χρόνων των επί μέρους σκελών, κολύμβησης (Tswim), ποδηλασίας (Tbike), δρόμου (Trun), των δύο αλλαγών (T_1) και (T_2) καθώς και του συνολικού χρόνου (Ttotal) της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας.	71
Πίνακας 4.6.	Αποτελέσματα σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή το Ttotal και ανεξάρτητες παραμέτρους τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τις φυσιολογικές παραμέτρους από τη μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο. (SEE standard error of estimate) ...	73
Πίνακας 4.7.	Αποτελέσματα σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή το Ttotal και ανεξάρτητες μεταβλητές τις παραμέτρους της ανθρωπομετρίας και τις φυσιολογικές παραμέτρους από τη μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο και το κυκλοεργόμετρο. (SEE standard error of estimate)	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1. Πειραματικός σχεδιασμός	65
--	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Σύμβολο ή Συντομογραφία	Επεξήγηση
VO₂max	Μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου
%VO₂max	Ποσοστιαία αξιοποίηση της VO ₂ max
AK	Αναερόβιο κατώφλι
VT	Αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι
KK	Καρδιακό κατώφλι
LT	Γαλακτικό αναερόβιο κατώφλι
r	Συντελεστής συσχέτισης
AG	Age group, ηλικιακή κατηγορία
YE	Υψηλού επιπέδου
ME	Μεσαίου επιπέδου
ΔΟ	Δρομική οικονομία
ΠΟ	Ποδηλατική οικονομία
ΚΣ	Καρδιακή συχνότητα
ΚΣ_{max}	Μέγιστη καρδιακή συχνότητα
vVT	Ταχύτητα που αντιστοιχεί στο VT στο τρέξιμο
VE	Πνευμονικός αερισμός
VO₂	Κατανάλωση οξυγόνου
VCO₂	Όγκος διοξειδίου του άνθρακα
VE/VO₂	Αναπνευστικό ισοδύναμο για το οξυγόνο
VE/ VCO₂	Αναπνευστικό ισοδύναμο για διοξείδιο του άνθρακα
vVO₂max	Ταχύτητα στο VO ₂ max
Wmax	Μέγιστη ισχύς κατά τη δοκιμασία VO ₂ max στο κυκλοεργόμετρο, αναφέρεται και ως Wpeak
CHOrate @ VT	Ρυθμός κατανάλωσης υδατανθράκων στο VT σε τρέξιμο ή σε ποδήλατο
PFmax	ο μέγιστος αριθμός περιστροφών των σκελών ανά λεπτό (χωρίς επιβάρυνση)
Tswim	Ο χρόνος κολύμβησης του αγώνα τριάθλου
Tbike	Ο χρόνος ποδηλασίας του αγώνα τριάθλου
Trun	Ο χρόνος τρεξίματος του αγώνα τριάθλου
T₁	Ο χρόνος της αλλαγής 1, από κολύμβηση σε ποδηλασία
T₂	Ο χρόνος της αλλαγής 2, από ποδηλασία σε τρέξιμο
Ttotal	Ο συνολικός χρόνος του αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας
Time_CF	Ο χρόνος διάρκειας τρεξίματος (πρωτόκολλο Cunningham-Faulkner)
IM	Ironman
HIM	Half Ironman

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το άθλημα του τριάθλου εξελίσσεται παγκοσμίως με ραγδαίους ρυθμούς από την πρωτοεμφάνισή του το 1974 στο Σαν Ντιέγκο των Η.Π.Α. Συνήθως το τριάθλο περιλαμβάνει τα αγωνίσματα της κολύμβησης, της ποδηλασίας και του δρόμου, με την παραπάνω σειρά, χωρίς διάλειμμα χρόνου μεταξύ των αθλημάτων (Margaritis, 1996; Sleivert&Rowlands, 1996; O'Toole&Douglas, 1995).

Οι τυπικές αποστάσεις τριάθλου σε κολύμπι, ποδηλασία και τρέξιμο είναι (1) μικρής διάρκειας (750 m, 20 km, 5 km), (2) Ολυμπιακή (1500 m, 40 km, 10 km), (3) Half Ironman (1900 m, 90 km, 21,1 km) και (4) Ironman (3800 m, 180 km, 42,2 km) αντίστοιχα (Knechtle et al., 2011).

Το τριάθλο είναι άθλημα αντοχής και η επιτυχία ενός αθλητή σ' αυτό εξαρτάται από την ικανότητά του να εκτελεί διαδοχικά τα 3 επί μέρους αθλήματα αλλά και τις 2 αλλαγές στο συντομότερο δυνατό χρόνο (O'Toole et al., 1989).

Πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την επίδραση επιλεγμένων φυσιολογικών μεταβλητών στην επίδοση μεμονωμένων αθλημάτων αντοχής σε μια προσπάθεια να βρεθεί ποιές είναι οι μεταβλητές εκείνες που σχετίζονται συστηματικά με την απόδοση. Η περισσότερο χρησιμοποιημένη παράμετρος της αερόβια αντοχής αθλητών είναι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max) και ως εκ τούτου έχει προταθεί σαν χαρακτηριστικός παράγων καθορισμού της επίδοσης και στο τριάθλο (Butts et al., 1991; Kohrt et al., 1987a, Zhou et al., 1997). Όμως και άλλες παράμετροι, υπομέγιστης έντασης, όπως η ενεργειακή οικονομία, η ποσοστιαία αξιοποίηση της VO_2max ($\%\text{VO}_2\text{max}$) και το αναερόβιο κατώφλι (AK) έχουν αποδειχθεί σημαντικές προβλέπουσες παράμετροι της επίδοσης (Albrecht et al., 1986;

Holly et al., 1986; O'Toole et al., 1987a). Τα παραπάνω συμπεράσματα αφορούν μελέτες σε αποστάσεις τρίαθλου από Ολυμπιακή και άνω (διάρκεια > 2 h) ενώ αντίστοιχες μελέτες για τρίαθλα μικρής διάρκειας τα οποία έχουν διαφορετικές φυσιολογικές απαιτήσεις λόγω της μικρότερης τους διάρκειας (<1 h) είναι σπάνιες.

Οι Kohrt και συνεργάτες (1989), ανέφεραν ότι το ΑΚ μπορούσε να εξηγήσει το 67% ($r = -0,82$) της διασποράς στο δρομικό σκέλος και 52% ($r = -0,72$) στο ποδηλατικό σκέλος σε Half Ironman τρίαθλο. Στην έρευνα των Sleivert και Wenger (1993), σε τροποποιημένο τρίαθλο (1 km κολύμβηση, 30 km ποδηλασία, 9 km δρόμο), αναφέρεται ότι ο χρόνος του τρεξίματος στο τρίαθλο παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με την δρομική ταχύτητα στο ΑΚ για τις γυναίκες ($r = -0,88$) και τους άνδρες ($r = -0,73$). Σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε επίσης μεταξύ του χρόνου κολύμβησης και τη δύναμη αντίστασης στο ΑΚ για τις γυναίκες ($r = -0,81$). Στην ίδια μελέτη ακόμα αναφέρεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας τρεξίματος που αντιστοιχούσε στο ΑΚ με το συνολικό χρόνο του τρίαθλου στις γυναίκες ($r = -0,89$) και στους άνδρες ($r = -0,78$). Η ομάδα των De Vito και συνεργατών (1995), επίσης δημοσίευσε υψηλούς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της κατανάλωσης οξυγόνου στο αναπνευστικό κατώφλι (VT) και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος Ολυμπιακού τρίαθλου ($r = -0,79$).

Ο Langill (1993), παρατήρησε ότι, για απόσταση Ironman, οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών και των πραγματικών τιμών των επιδόσεων στα επί μέρους σκέλη κολύμβησης, ποδηλασίας, και δρόμου ήταν $r = 0,83$, $0,70$ και $0,76$. Ο συνδυασμός των εντάσεων άσκησης που αντιστοιχούσαν στα ΑΚ από τα τρία αθλήματα, από κοινού μπορούσαν να εξηγήσουν το 78% της διασποράς στο συνολικό χρόνο ενός τρίαθλου Ironman.

Σε μία από τις ελάχιστες έρευνες σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, τα αποτελέσματα, έδειξαν ότι η πιο σημαντική προβλέπουσα της επίδοσης στο

τρίαθλο ήταν η ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχούσε στη μέγιστη σταθεροποιημένη συγκέντρωση γαλακτικού (maximal lactate steady state, MLSS, $r^2 = 0.68$). Όταν στο μοντέλο πρόβλεψης προστέθηκε και η ταχύτητα κολύμβησης στο MLSS σε συνδυασμό με την συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη διάρκεια του τρεξίματος σε MLSS, οι παραπάνω 3 μεταβλητές από κοινού εξηγούσαν το 98% της διασποράς ($r^2 = 0.98$) στην επίδοση του τριάθλου. (Van Schuylenbergh et al., 2004).

Σε άλλες μελέτες δεν αναφέρονται σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης σε Ολυμπιακό τρίαθλο και του VT εκφρασμένο σαν % της VO_{2max} κατά τη δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο (Zhou et al., 1997). Σε μία προγενέστερη έρευνα οι ερευνητές εξέτασαν 27 τριαθλητές δύο εβδομάδες πριν ένα αγώνα Ironman. Καμμία από τις τιμές σε επιλεγμένα σημεία της καμπύλης του AK δεν παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με την επίδοση στο ποδηλατικό σκέλος του αγώνα (O'Toole, Douglas & Hiller, 1989b).

Η ενεργειακή οικονομία (ικανότητα του αθλητή να χρησιμοποιεί μικρότερο ποσοστό της VO_{2max} σε δεδομένο υπομέγιστο φορτίο) είναι σημαντική παράμετρος για όλους τους αθλητές αντοχής (Laursen & Rhodes, 2001). Παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν την οικονομία της κίνησης είναι το επίπεδο τεχνικής του αθλητή, βιομηχανικοί παράγοντες του εξοπλισμού (ποδήλατο, στολή κολύμβησης) αλλά και εξωτερικοί παράγοντες όπως το υψομετρικό προφίλ του αγώνα ή οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Παρόλο που η ενεργειακή οικονομία είναι σημαντικός παράγων της επιτυχίας για αθλήματα αντοχής, οι περισσότερες μελέτες έχουν γίνει για το τρέξιμο και πολύ λιγότερες για το κολύμπι, την ποδηλασία και το τρίαθλο.

Η ενεργειακή οικονομία στην κολύμβηση, σχετίζεται με όλους τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τις δυνάμεις αντίστασης σε ένα κινούμενο κολυμβητή μέσα στο νερό (DiPrampero, Pendergast, Wilson & Rennie, 1974). Η οικονομική χρήση της ενέργειας, που εκφράζεται με υψηλή

αποδοτικότητα και υψηλή τεχνική, έχει σημαντική επίδραση στην κολυμβητική ταχύτητα και την επίδοση σε έναν αγώνα κολύμβησης αντοχής (Holmer, 1974).

Ο Toussaint (1990), σύγκρινε την αποδοτικότητα προώθησης ανάμεσα σε κολυμβητές και τριαθλητές και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ενώ δεν υπήρχαν διαφορές ως προς την γενική απόδοση, τη συχνότητα χεριάς και την ενέργεια ανά χεριά, εν τούτοις οι κολυμβητές είχαν υψηλότερη μέση ταχύτητα κολύμβησης ($1,17 \text{ m.s}^{-1}$) από τους τριαθλητές ($0,95 \text{ m.s}^{-1}$). Ένα άλλο παράδειγμα βελτίωσης της οικονομίας στην κολύμβηση είναι η χρήση στολής νεοπρέν με αποτέλεσμα την ελάττωση της δύναμης αντίστασης κατά 14% περίπου (Toussaint et al., 1989). Χρησιμοποιώντας σαν δείκτη της οικονομίας την VO_2 σε υπομέγιστη κολυμβητική ταχύτητα 1 m.s^{-1} , οι Dengel και συνεργάτες (1989), ανέφεραν σημαντική συσχέτιση μεταξύ της VO_2 και της επίδοσης στο κολυμβητικό σκέλος σε αγώνα Half Ironman ($r = 0,72$). Υψηλοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της ενεργειακής οικονομίας και της επίδοσης στην κολύμβηση αναφέρονται και από τους Montpetit, Smith & Boie, (1988).

Στην ποδηλασία, οι περισσότερες έρευνες εξετάζουν βιομηχανικούς παράγοντες. Οι Coyle και συνεργάτες (1988), εξέτασαν μία ομάδα ποδηλατών με παρόμοιες $\text{VO}_{2\text{max}}$ αλλά με σημαντικές διαφορές στην επίδοση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το % της $\text{VO}_{2\text{max}}$ στο ΑΚ και η πυκνότητα τριχοειδών από κοινού εξηγούσαν το 93% της διασποράς στην επίδοση. Οι Berry, Pollock, vanNieuwenhuizen και Brubaker (1994), σύγκριναν το ενεργειακό κόστος και το χρόνο έως την εξάντληση μεταξύ της χρήσης τιμονιού με αεροδυναμικές μπάρες και συνηθισμένου τιμονιού και δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στο πεδίο αυτό δεν υπάρχουν πολλές μελέτες και χρειάζεται περισσότερη έρευνα.

Η υψηλή δρομική οικονομία (ΔΟ) είναι σημαντικό χαρακτηριστικό των δρομέων αντοχής υψηλού επιπέδου (ΥΕ). Ερευνητές έχουν αναφέρει

συσχέτιση μεταξύ της δρομικής οικονομίας και της ταχύτητας μαραθωνίου δρόμου (Sjodin & Svedenhag, 1985). Σημαντικές αλλά όχι υψηλές συσχετίσεις έχουν δημοσιευθεί στην έρευνα του Farrell και των συνεργατών του (1979), ανάμεσα στην δρομική οικονομία, και την επίδοση δρόμων αντοχής από 3,2 έως 42,2 km ($r = -0,49$ έως $r = -0,60$).

Ο Costill και οι συνεργάτες του (1973), δημοσίευσαν αποτελέσματα όπου η επίδοση σε δρόμους αντοχής είχε υψηλή συσχέτιση με την ικανότητα του αθλητή να χρησιμοποιεί, σε μία δεδομένη υπομέγιστη ταχύτητα ($268 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) χαμηλό $\% \text{VO}_2\text{max}$ ($r = -0,94$) και χαμηλό ποσοστό καρδιακής συχνότητας $\% \text{KΣmax}$ ($r = 0,98$) με την ελάχιστη δυνατή συσσώρευση γαλακτικού.

Σε μία ομάδα δρομέων υψηλού επίπεδου (YE) αναφέρεται ότι η ΔΟ ήταν υπεύθυνη για το 65,4% της διασποράς στην επίδοση στα 10 km (Conley & Krahenbuhl, 1980). Στην έρευνα των Morgan και συνεργατών (1989), για καλά προπονημένους δρομείς 10 km αναφέρεται συσχέτιση ($r = 0,64$) μεταξύ της δρομικής οικονομίας και της επίδοσης. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών οι Schabott και συνεργάτες (2000), δεν παρατήρησαν υψηλούς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της δρομικής οικονομίας και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος ενός τριάθλου Ολυμπιακής απόστασης.

Οι Laurenson και συνεργάτες, (1993), συγκρίνοντας γυναίκες τριαθλήτριες YE με μεσαίου επιπέδου (ME), ανέφεραν ότι οι YE είχαν καλύτερη ΔΟ συγκριτικά με τις ME ($51,2$ vs $53,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) σε υπομέγιστη ταχύτητα τρεξίματος $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ σε δαπεδοεργόμετρο. Οι ως άνω ερευνητές ανέφεραν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της $\% \text{VO}_2\text{max}$ σε ρυθμό τρεξίματος $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος Ολυμπιακού τριάθλου.

Οι Dengel και συνεργάτες (1989), υπολόγισαν τα $\%$ ποσοστά της VO_2max για υπομέγιστες εντάσεις σε κολύμβηση ($1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), ποδηλασία (200

W) και τρέξιμο (12 km.h^{-1}) και βρήκαν ότι αυτά είχαν σημαντική συσχέτιση με την επίδοση στο κολυμβητικό ($r = 0,91$), ποδηλατικό ($r = 0,78$) και δρομικό σκέλος ($r = 0,86$) ενός αγώνα Half Ironman. Η VO_2 σε απόλυτες τιμές (l.min^{-1}) παρουσίασε χαμηλότερους συντελεστές συσχέτισης με την επίδοση στο κολυμβητικό, ποδηλατικό και δρομικό σκέλος. Οι O'Toole, Douglas & Hiller (1989b), αναφέρουν επίσης υψηλό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της ενεργειακής οικονομίας ως % της $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε ποδηλασία υπομέγιστης έντασης (160 W) και της επίδοσης στο ποδηλατικό σκέλος σε αγώνα Ironman.

Σε μία διαφορετική μελέτη με ($n=16$) άνδρες και ($n=15$) γυναίκες ΥΕ τριαθλητές διεθνούς επιπέδου (σε δύο ηλικιακές κατηγορίες νεαρών 18 έως 20 ετών και ενηλίκων > 20 ετών) σε Ολυμπιακό τριάθλο, συγκρίθηκε το ενεργειακό κόστος του μεμονωμένου τρεξίματος με αυτό κατά το δρομικό σκέλος ενός αγώνα τριάθλου. Βρέθηκε ότι μόνο για την ομάδα των νεαρών γυναικών η επίδοση στο δρομικό σκέλος είχε σημαντική συσχέτιση ($r = -0,88$) με το ενεργειακό κόστος του μεμονωμένου τρεξίματος (Millet & Bentley, 2004).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι περισσότερες έρευνες έχουν εξετάσει τριάθλο Ολυμπιακής απόστασης, Half Ironman και Ironman και ότι οι μελέτες σχετικά με την επίδραση επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση σε τριάθλο μικρής διάρκειας, είναι ελάχιστες.

1.1. Διατύπωση του προβλήματος

Το ερευνητικό πρόβλημα που προκύπτει από την μελέτη της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων τριαθλητών στην επίδοση σε τριάθλο είναι πως δεν έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που να εξετάζουν το παραπάνω πρόβλημα σε τριάθλα μικρής διάρκειας. Το ερευνητικό ερώτημα διατυπώνεται ως εξής: Υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων από δοκιμασίες σε κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο και της επίδοσης σε αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας? Επιπλέον, μπορεί η επίδοση στο τριάθλο

μικρής διάρκειας να προβλεφθεί από επιλεγμένες φυσιολογικές μεταβλητές?

Ως ανεξάρτητη μεταβλητή θα θεωρηθεί ένα σύνολο φυσιολογικών παραμέτρων που περιγράφουν τη φυσιολογική κατάσταση του τριαθλητή που προκύπτουν από δοκιμασίες στο κυκλοεργόμετρο και στο δαπεδοεργόμετρο. Πιο αναλυτικά, θα εξεταστούν οι εξής φυσιολογικές παράμετροι:

1. Μάζα σώματος
2. % σωματικού λίπους
3. VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) σε τρέξιμο
4. VO_2max (l.min^{-1}) σε τρέξιμο
5. $\dot{V}\text{VT}$, η ταχύτητα σε km.h^{-1} που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι του κάθε δοκιμαζόμενου στο τρέξιμο
6. $\dot{V}\text{VO}_2\text{max}$, η ταχύτητα σε km.h^{-1} στην οποία αντιστοιχεί το 100% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου
7. ΔO =δρομική οικονομία, η κατανάλωση O_2 ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) σε μία δεδομένη υπομέγιστη ταχύτητα τρεξίματος, πχ 12 km.h^{-1}
8. % $\text{K}\Sigma\text{max}$ που αντιστοιχεί σε ταχύτητα 12 km.h^{-1}
9. VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) σε ποδήλατο
10. VO_2max (l.min^{-1}) σε ποδήλατο
11. W @ VT , η ισχύς (Watt) που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι του κάθε δοκιμαζόμενου στο ποδήλατο
12. Wmax , η μέγιστη ισχύς (Watt) κατά τη δοκιμασία VO_2max στο κυκλοεργόμετρο
13. ΠO =Ποδηλατική οικονομία, η κατανάλωση οξυγόνου σε $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ για μία δεδομένη υπομέγιστη ισχύ στην ποδηλασία, πχ 140 W
14. % $\text{K}\Sigma\text{max}$ που αντιστοιχεί σε επιβάρυνση 140 W
15. run CHO rate @ VT, ο ρυθμός κατανάλωσης υδατανθράκων (gr.min^{-1}) στο VT σε τρέξιμο
16. cycle CHO rate @ VT, ο ρυθμός κατανάλωσης υδατανθράκων (gr.min^{-1}) στο VT σε ποδήλατο

17. PFmax (Pedalling frequency) (rpm), ο μέγιστος αριθμός περιστροφών των σκελών ανά λεπτό (χωρίς επιβάρυνση)
18. Time_CF, για το τρέξιμο ο χρόνος (sec) διάρκειας τρεξίματος (πρωτόκολλο Cunningham-Faulkner)
19. Για το ποδήλατο κατά την αναερόβια δοκιμασία Wingate, η αναερόβια ισχύς (σε Watt)
20. Για το ποδήλατο κατά την αναερόβια δοκιμασία Wingate, η αναερόβια ικανότητα (σε Watt). Είναι η μεση ισχύς για ολόκληρη τη διάρκεια των 30 sec.
21. Για το ποδήλατο κατά την αναερόβια δοκιμασία Wingate, η αναερόβια κόπωση (%).

Εξαρτημένες μεταβλητές:

1. Ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) στον οποίο θα καλύψει ο κάθε δοκιμαζόμενος το σκέλος της κολύμβησης, Tswim
2. Ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) στον οποίο θα καλύψει ο κάθε δοκιμαζόμενος το σκέλος της ποδηλασίας, Tbike
3. Ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) στον οποίο θα καλύψει ο κάθε δοκιμαζόμενος το σκέλος του τρεξίματος, Trun
4. Ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) στον οποίο θα καλύψει ο κάθε δοκιμαζόμενος την καθεμία από τις δύο αλλαγές (από κολύμβηση σε ποδηλασία, T₁ και από ποδηλασία σε τρέξιμο, T₂)
5. Ο συνολικός χρόνος του αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας, Ttotal.

Σκοπός, επομένως της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει εάν υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στο τρέξιμο και στο ποδήλατο και της επίδοσης σε αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας. Επιπλέον σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετήσει εάν η επίδοση στο τρίαθλο μικρής διάρκειας μπορεί να προβλεφθεί με

ικανοποιητική ακρίβεια από επιλεγμένες φυσιολογικές μεταβλητές.

1.2. Υποθέσεις

Οι ερευνητικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν ήταν οι εξής:

1. Το έργο που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι θα παρουσίαζε υψηλότερη συσχέτιση με την επίδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, συγκριτικά με την τιμή της VO_{2max} .
2. Το έργο που αντιστοιχεί στην VO_{2max} θα παρουσίαζε υψηλή συσχέτιση με το χρόνο του ποδηλατικού και δρομικού σκέλους καθώς και με τον τελικό χρόνο του τριάθλου μικρής διάρκειας.
3. Θα παρατηρούνταν σημαντικές διαφορές στην VO_{2max} , στο ποδήλατο και το τρέξιμο.
4. Θα παρατηρούνταν σημαντικές διαφορές στο $\%VO_{2max} @ VT$ στη μέγιστη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο και στο δαπεδοεργόμετρο.

Οι μηδενικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν ήταν οι εξής:

1. Το έργο που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι δεν θα παρουσίαζε υψηλότερη συσχέτιση με την επίδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, συγκριτικά με την τιμή της VO_{2max} .
2. Το έργο που αντιστοιχεί στην VO_{2max} δεν θα παρουσίαζε υψηλή συσχέτιση με το χρόνο του ποδηλατικού και δρομικού σκέλους καθώς και με τον τελικό χρόνο του τριάθλου μικρής διάρκειας.
3. Δεν θα παρατηρούνταν σημαντικές διαφορές στην VO_{2max} , στο ποδήλατο και το τρέξιμο.
4. Δεν θα παρατηρούνταν σημαντικές διαφορές στο $\%VO_{2max} @ VT$ στη μέγιστη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο και στο δαπεδοεργόμετρο.

1.3. Προυποθέσεις και οριοθετήσεις

Όσον αφορά στις προϋποθέσεις και τις οριοθετήσεις της έρευνας, αυτές ήταν ότι το δείγμα θα αποτελείται από άντρες αθλούμενους μέτρια

προπονημένους τριαθλητές, ηλικίας 27 έως και 40 ετών. Επιπλέον, αυτοί έπρεπε να έχουν συμμετάσχει σε τουλάχιστον 3 αγώνες τριάθλου μικρής διάρκειας τον τελευταίο χρόνο, ενώ έπρεπε να μην έχουν κάποιον τραυματισμό τον τελευταίο χρόνο, καθώς επίσης και χρόνια ή/και άλλα ιατρικά προβλήματα και να μη λαμβάνουν κάποια φαρμακευτική αγωγή. Επιπλέον, η μέτρηση της απόδοσης έγινε αξιολογώντας τον χρόνο στον οποίο οι δοκιμαζόμενοι κάλυψαν την απόσταση του τριάθλου μικρής διάρκειας σε εξωτερικό περιβάλλον.

1.4. Περιορισμοί

Οι περιορισμοί της έρευνας ήταν ότι το ηλικιακό εύρος που μελετήθηκε ήταν αρκετά ευρύ, αποκλείοντας, όμως, τους τριαθλητές που είναι μικρότερης και μεγαλύτερης ηλικίας, για τους οποίους δεν μπορούν να γενικευθούν τα αποτελέσματα. Το επίπεδο των δοκιμαζομένων ήταν μέτριο, κάτι το οποίο σημαίνει πως τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν σε τριαθλητές υψηλού επιπέδου ή αρχάριους τριαθλητές. Επιπλέον, η μέτρηση της απόδοσης αφορούσε μόνο σε συγκεκριμένη απόσταση αγωνίσματος, το τρίαθλο μικρής διάρκειας, και όχι σε ένα ευρύτερο φάσμα αποστάσεων τριάθλου. Ακόμη, το δείγμα της μελέτης ήταν μόνο από την περιφέρεια Αττικής και οι μετρήσεις έγιναν στις ίδιες περιβαλλοντολογικές και λοιπές συνθήκες αγώνα, οι οποίες θα επηρεάσουν στον ίδιο βαθμό διάφορες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα την τακτική των δοκιμαζομένων. Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν αφορούν οποιοδήποτε τρίαθλο μικρής διάρκειας αλλά αυτό με επίπεδη διαδρομή, κολύμπι στη θάλασσα και ιδιαιτερότητες στην ποδηλατική διαδρομή (στροφές και μικρές κλίσεις).

1.5. Σημαντικότητα

Λόγω του μη επαρκούς αριθμού μελετών σε τρίαθλο μικρής διάρκειας συγκριτικά με τις άλλες αποστάσεις τριάθλου, η σημαντικότητα αυτής της έρευνας έγκειται στην περαιτέρω κατανόηση της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με την προβλεπτική αξία επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων όσον αφορά την επίδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας. Επιπλέον, η

σημαντικότητα αυτής της μελέτης βασίζεται στα πιθανά πρακτικά οφέλη της. Πιο συγκεκριμένα, εφόσον επιβεβαιωθούν οι υποθέσεις της παρούσας έρευνας, με βάση τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από αυτήν, θα μπορεί να προβλεφθεί η επίδοση ενός τριαθλητή σε τρίαθλο μικρής διάρκειας ύστερα από εργαστηριακές δοκιμασίες. Επιπλέον θα μπορούν να συνταγογραφηθούν προγράμματα προπόνησης με στόχο τη βελτιστοποίηση εκείνων των φυσιολογικών παραμέτρων που έχουν την υψηλότερη συσχέτιση με της επίδοση σε αγώνα τρίαθλου μικρής διάρκειας.

Ακόμη, η μελέτη αυτή θα συνεισφέρει με τα αποτελέσματά της στο να ξεκαθαρίσει εάν και κατά πόσο τελικά υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων τριαθλητών και των επιδόσεών τους σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, καθότι στη βιβλιογραφία τα συμπεράσματα είναι αντικρουόμενα και δυσερμήνευτα.

1.6. Διευκρίνιση όρων

- **Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου:** (VO_2max) Ο ανώτατος όγκος οξυγόνου που μπορεί να καταναλώσει ο οργανισμός κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου. Θέτει ένα άνω όριο στην ικανότητα παραγωγής έργου.
- **Αναερόβιο κατώφλι:** (AK) Η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνει ο οργανισμός στην ένταση εκείνη της άσκησης κατά την οποία η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα αρχίζει να αυξάνει συστηματικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Μία απλή εξήγηση για το αναερόβιο κατώφλι είναι ότι αντιστοιχεί στην ένταση όπου ο ρυθμός εισροής του γαλακτικού υπερβαίνει τον ρυθμό εκρόης του με επακόλουθο την απαρχή της συσσώρευσης του γαλακτικού στον οργανισμό και την εμφάνιση της κόπωσης. Το AK αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ένταση της αγωνιστικής προσπάθειας κατά την οποία ο οργανισμός μπορεί να παράγει έργο για (θεωρητικά) παρατεταμένη διάρκεια.
- **Αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι:** (VT) Η ένταση κατά την

προοδευτικά κλιμακούμενη άσκηση, όπου παρατηρείται απόκλιση της αύξησης του πνευμονικού αερισμού από τη γραμμικότητα.

- **Καρδιακό κατώφλι:** (KK) Η ένταση κατά την προοδευτικά κλιμακούμενη άσκηση, όπου παρατηρείται απόκλιση της αύξησης της καρδιακής συχνότητας από τη γραμμικότητα.
- **Γαλακτικό αναερόβιο κατώφλι:** (LT) Η ένταση κατά την προοδευτικά κλιμακούμενη άσκηση, όπου παρατηρείται απόκλιση της αύξησης της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα από τη γραμμικότητα.
- **Ενεργειακή οικονομία:** (VO_2) Η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνει ο οργανισμός για μία συγκεκριμένη υπομέγιστη ένταση.
- **Αξιοποίηση της $\text{VO}_{2\text{max}}$:** Η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται κατά τη διαδρομή μίας συγκεκριμένης απόστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η παρούσα εργασία θα ασχοληθεί με την αναλυτική μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τις ιδιαιτερότητες του αθλήματος του τριάθλου, τη σύγκριση φυσικών και φυσιολογικών παραμέτρων των τριαθλητών με αυτές αθλητών από τα μεμονωμένα αθλήματα κολύμβηση, ποδηλασία και τρέξιμο και την έως τώρα έρευνα σχετικά με τη συσχέτιση της επίδοσης σε αγώνες τριάθλου με επιλεγμένες φυσικές και φυσιολογικές παραμέτρους τριαθλητών.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αυτή η εργασία έγινε αναζήτηση επιστημονικών άρθρων στην ηλεκτρονική βάση της Βιβλιοθήκης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, που είναι συνδεδεμένη με τον Σύνδεσμο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (HEAL-Link). Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν τόσο πρωτότυπα άρθρα, όσο και βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις από αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά του χώρου της Επιστήμης του Αθλητισμού, όπως το “Medicine & Science in Sports & Exercise”, το “British Journal of Sports Medicine”, το “Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports” κ.ά. Παρόλο που κατά κύριο λόγο χρησιμοποιήθηκαν πρόσφατα άρθρα, της τελευταίας δεκαετίας, δεν υπήρχε κάποιος περιορισμός όσον αφορά στην χρονολογία δημοσίευσης των άρθρων, αφού πρόκειται για θέμα που έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα εδώ και αρκετές δεκαετίες. Οι λέξεις – κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν “triathlon performance”, “physiological predictors”, “sprint triathlon”, “prediction of sprint triathlon performance”, και άλλες.

2.1. Ιστορική εξέλιξη του αθλήματος του τριάθλου

Το άθλημα του τριάθλου εξελίσσεται παγκοσμίως με ραγδαίους ρυθμούς από την πρωτοεμφάνισή του το 1974 στο Σαν Ντιέγκο των Η.Π.Α, με τη μορφή που είναι περισσότερο διαδεδομένο σήμερα. Παρόλο που έχουν δοκιμαστεί πλήθος παραλλαγές με συνδυασμό δύο ή περισσότερων αθλημάτων, στην πιο

δημοφιλή του μορφή το τρίαθλο περιλαμβάνει τα αγωνίσματα της κολύμβησης, της ποδηλασίας και του δρόμου, με την παραπάνω σειρά, χωρίς διάλειμμα χρόνου μεταξύ των αθλημάτων. Δηλαδή, συμπεριλαμβάνονται στη συνολική επίδοση και οι δύο χρόνοι αλλαγής, το T1 από την κολύμβηση στην ποδηλασία, και το T2 από την ποδηλασία στο τρέξιμο (Margaritis, 1996; Sleivert & Rowlands, 1996; O'Toole & Douglas, 1995).

Οι συνήθειες αποστάσεις τρίαθλου σε κολύμπι, ποδηλασία και τρέξιμο είναι (1) μικρής διάρκειας (750 m, 20 km, 5 km), (2) Ολυμπιακή (1500 m, 40 km, 10 km), (3) Half Ironman ή μεσαίας απόστασης (1900 m, 90 km, 21,1 km) και (4) Ironman (3800 m, 180 km, 42,2 km) αντίστοιχα. Υπάρχουν μικρότερες αποστάσεις όπως το υπέρ-μικρής διάρκειας (375 m, 10 km, 2,5 km) αλλά και μεγαλύτερες όπως το Double Ironman (7,6 km, 360 km, 84.4 km), το Triple Ironman (3 φορές η απόσταση Ironman) ακόμα και το ασύλληπτο Deca (10 φορές η απόσταση Ironman, δηλαδή 38 km κολύμπι, 1800 km ποδήλατο και 422 km τρέξιμο) Ironman (Knechtle et al., 2011).

Αυτή την εποχή κυριαρχούν παγκοσμίως δύο μεγάλες κατηγορίες αγώνων τρίαθλου με διαφορετικούς κανονισμούς, διαφορετικούς διοργανωτές και συνήθως διαφορετικού τύπου συμμετέχοντες αθλητές. Η μία κατηγορία αγώνων, διοργανώνονται από την Παγκόσμια Ομοσπονδία Τρίαθλου, International Triathlon Union (ITU). Οι αγώνες ITU είναι Ολυμπιακής απόστασης και απευθύνονται κυρίως σε νεαρότερης ηλικίας, 16 έως 35 ετών περίπου υψηλού επιπέδου (YE) τριαθλητές (Bentley et al., 2002). Η ITU διοργανώνει μία σειρά από 6 έως 10 αγώνες ετησίως, σε διαφορετικές πόλεις παγκοσμίως από τους οποίους οι συμμετέχοντες αθλητές συλλέγουν βαθμούς και οι καλύτεροι έχουν δικαίωμα συμμετοχής στον μεγάλο ετήσιο τελικό, το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Τρίαθλου ή εάν πρόκειται για Ολυμπιακή χρονιά, στους Ολυμπιακούς αγώνες.

Η άλλη κατηγορία που απευθύνεται σε τριαθλητές από το ευρύτερο κοινό, με πολύ μεγαλύτερο φάσμα ηλικιών, και ποικιλία δυναμικότητας (Age group, AG), διοργανώνονται σε πολλές διαφορετικές αποστάσεις από ανεξάρτητους διοργανωτές οι πιο γνωστοί από τους οποίους είναι το World Triathlon Corporation με σήμα κατατεθέν το “Ironman”. Οι αγώνες Ironman γίνονται σε

δύο αποστάσεις, Ironman (γνωστοί και ως IM) και Half Ironman (γνωστοί και ως IM70.3) και έχουν μία εντυπωσιακή ιστορία εξέλιξης από την πρωτοεμφάνισή τους στο νησί της Χαβάης το 1978. Η ιδέα του συνδυασμού ήρθε από τον John Collins, έναν αξιωματικό του Αμερικανικού ναυτικού, να συνδυάσει τους τότε δυσκολότερους αγώνες αντοχής του νησιού της Χαβάης. Ο Collins πρότεινε την ιδέα να συνδυάσει τον αγώνα κολύμβησης του Waikiki Rough Water Swim (3,9 km), τον ποδηλατικό γύρο του νησιού Oahu (180 km) και τον Μαραθώνιο της Χονολουλού (42,2 km) σε ένα συνεχόμενο αγώνα. Κανένας από τους 15 συμμετέχοντες που πήραν εκκίνηση το 1978 (ο Collins και 11 ακόμα τερμάτισαν τότε) δεν μπορούσε να φαντασθεί την ραγδαία παγκόσμια εξέλιξη του αγώνα αυτού που σήμερα θεωρείται ένας από τους δυσκολότερους αγώνες αντοχής και ταυτίζεται με την δοκιμασία των προσωπικών ορίων του καθενός (The Ironman Story).

Μία σημαντική διαφορά μεταξύ των αγώνων ITU και των αγώνων μη ITU ή ανοικτής συμμετοχής (AG) είναι ότι στους πρώτους επιτρέπεται το λεγόμενο κολλητήρι (drafting) στο ποδηλατικό σκέλος, ενώ στους δεύτερους απαγορεύεται. Ο κολλητήρι στο ποδήλατο συμβαίνει όταν ένας ποδηλάτης κινείται σε κοντινή απόσταση πίσω (0,5 - 2 m) από ένα προπορευόμενο ποδηλάτη με αποτέλεσμα να εκμεταλλεύεται την ελαττωμένη αεροδυναμική αντίσταση. Σε αγώνες ITU οι ποδηλάτες σχηματίζουν ομάδες με κολλητήρι και συνεργάζονται μεταξύ τους αλλάζοντας διαδοχικά σειρά στην κεφαλή της ομάδας σαν ρολόι, με σκοπό να κινούνται ταχύτερα συγκριτικά με τις ομάδες που τους ακολουθούν. Στους αγώνες AG δεν επιτρέπεται το κολλητήρι στο ποδήλατο και οι αθλητές πραγματοποιούν το ποδηλατικό σκέλος σαν ατομική χρονομέτρηση. Αυτός ο διαχωρισμός στους κανονισμούς αγώνων, εκτός του ότι επιβάλλει συγκεκριμένους περιορισμούς στον ποδηλατικό εξοπλισμό (για αγώνες με κολλητήρι το τιμόνι δεν μπορεί να έχει αερόμπαρας που να προεξέχουν της θέσης των φρένων και η γεωμετρία του σκελετού του ποδηλάτου είναι διαφορετική από εκείνη των αγώνων χωρίς κολλητήρι) έχει και σημαντικές επιπτώσεις στην τακτική του αγώνα, τον έλεγχο του ρυθμού, τις επιδόσεις, και την προπόνηση.

Οι μέσοι χρόνοι τερματισμού ενός αγώνα τριάθλου έχουν μεγάλη διασπορά και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως η απόσταση του αγώνα, τα υψομετρικά χαρακτηριστικά της διαδρομής, το επίπεδο των τριαθλητών (ΥΕ ή ΑΓ) και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (άνεμος, θερμοκρασία, υγρασία). Στη συνέχεια, αναφέρονται χαρακτηριστικά χρόνοι για επίπεδες διαδρομές. Για αγώνες μικρής διάρκειας οι χρόνοι τερματισμού κυμαίνονται από 50 λεπτά περίπου για ΥΕ τριαθλητές έως και 2 ώρες περίπου για λιγότερο προπονημένους ερασιτέχνες (ΑΓ). Σε Ολυμπιακή απόσταση για τους καλύτερους ΥΕ τριαθλητές έχουν αναφερθεί επιδόσεις <2 h, ενώ οι αντίστοιχοι χρόνοι για ΑΓ κυμαίνονται από 2 έως 4 h (Rust et al, 2013; Sleivert & Rowlands, 1996). Σε αγώνες Ironman οι χρόνοι τερματισμού κυμαίνονται περίπου από 8 h για τους νικητές, έως 15 h για μέτρια προπονημένους τριαθλητές (Knechtle et al., 2015; Sleivert & Rowlands, 1996), ενώ το χρονικό όριο τερματισμού είναι 17 h.

Σήμερα, οι αγώνες τριάθλου παγκοσμίως ανέρχονται σε χιλιάδες και οι συμμετοχές τριαθλητών σε εκατοντάδες χιλιάδες, ενώ οι ηλικίες των συμμετεχόντων κυμαίνονται περίπου από οκτώ έως ενενήντα ετών. Οι ηλικιακές κατηγορίες αρχίζουν από τα 20 έτη ανά 5ετία. Σε έναν αγώνα τριάθλου οι συμμετοχές μπορεί να είναι από μερικές εκατοντάδες έως και 3000, όπως για παράδειγμα σε αγώνες Ironman (O'Toole, Douglas & Hiller, 1989). Στην περίπτωση μεγάλου αριθμού συμμετοχών, συχνά η εκκίνηση δίνεται κατά κύματα 200 έως 300 τριαθλητών περίπου ανά ηλικιακή κατηγορία.

Το τρίαθλο είναι ολυμπιακό άθλημα και εντάχθηκε για πρώτη φορά στους Ολυμπιακούς αγώνες του Σύνδευ το 2000, στην Ολυμπιακή απόσταση. Έχει επίσης ενταχθεί σε απόσταση μικρής διάρκειας σαν παρα-ολυμπιακό άθλημα για πρώτη φορά στους Ολυμπιακούς αγώνες του Ρίο στις 6/9/2016.

Σε αντίθεση με τις ομοιόμορφες και καλά ελεγχόμενες συνθήκες υπό τις οποίες γίνονται οι αγώνες κολύμβησης σε πισίνα, το κολυμβητικό σκέλος των αγώνων τριάθλου γίνεται σε ποικίλους αγωνιστικούς χώρους, όπως ανοικτή θάλασσα, λίμνη ή ποταμός. Συνεπώς οι αθλητές κολυμπούν με διαφορετικές συνθήκες όσον αφορά την πυκνότητα νερού, τα ρεύματα, τα κύματα, την θερμοκρασία και την διαύγεια του νερού. Υπάρχουν λεπτομερείς κανονισμοί από

την ITU, για τη χρήση κολυμβητικής στολής από νεοπρέν, ανάλογα με την απόσταση και την ηλικία των αθλητών (ΥΕ, κάτω των 23, έφηβοι, παίδες), αλλά γενικά όταν η θερμοκρασία του νερού είναι κάτω από 14ο C η στολή είναι υποχρεωτική, ενώ για άνω των 21ο C είναι απαγορευμένη, λόγω κινδύνου θερμοπληξίας. Η στολή μπορεί να έχει πάχος έως 5mm, να αποτελείται ένα ή δύο κομμάτια, να είναι αμάνικη ή με μανίκια και με κοντά ή μακρυνά πόδια. Επιπλέον, σε όλους τους αγώνες τριάθλου, είτε ITU είτε ανοικτής συμμετοχής, επιτρέπεται το κολλητήρι στην κολύμβηση, που συμβαίνει όταν ένας κολυμβητής κολυμπάει λίγο πίσω από προπορευόμενο κολυμβητή ώστε να επωφελείται από την μειωμένη υδροδυναμική αντίσταση (Toussaint et al., 1989; Bentley et al., 2002). Αυτό έχει σοβαρές συνέπειες στη στρατηγική και τον έλεγχο του ρυθμού σε διάφορες φάσεις του αγώνα.

2.2. Φυσικά χαρακτηριστικά των τριαθλητών

Πολλές από τις μελέτες στο τρίαθλο συγκρίνουν φυσικά χαρακτηριστικά, φυσιολογικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά επιδόσεων των τριαθλητών με αυτά των αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων, της κολύμβησης, της ποδηλασίας και του δρόμου, για τους οποίους υπάρχουν προηγούμενα αποτελέσματα (O'Toole et al., 1987a; Kohrt et al., 1987a; Kreider et al., 1988). Το τρίαθλο είναι αρκετά νέο άθλημα συγκριτικά με τα επί μέρους αθλήματα, κολύμβηση, ποδηλασία, τρέξιμο, από τα οποία αποτελείται. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των τριαθλητών έχουν μελετηθεί από πολλούς ερευνητές τη δεκαετία του 1980, τότε που οι περισσότεροι τριαθλητές είχαν γνωρίσει το τρίαθλο σε μεγαλύτερη ηλικία και συμμετείχαν σε αυτό με προηγούμενη αγωνιστική εμπειρία σε ένα από τα επί μέρους αθλήματα, κολύμβηση, ποδηλασία ή τρέξιμο (O'Toole et al., 1989). Τριάντα χρόνια μετά το τρίαθλο έχει γίνει περισσότερο επαγγελματικό άθλημα ενώ η νέα γενιά τριαθλητών ξεκινά από μικρή ηλικία με το τρίαθλο σαν το πρώτο τους άθλημα (Suriano & Bishop, 2010).

Ηλικία: Παλαιότερα η μέση ηλικία των τριαθλητών ήταν μεγαλύτερη από αυτή των ΥΕ αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων κολύμβησης, ποδηλασίας και

δρόμου (Roalstad, 1989) και το εύρος των ηλικιών των τριαθλητών ήταν από 20 έως 50 ετών περίπου (O'Toole, Hiller, Crosby & Douglas, 1987a), αρκετά πίο μεγάλο από το εύρος των ΥΕ αθλητών των μεμονωμένων αθλημάτων (O'Toole et al., 1987a, Kohrt et al., 1987a; Kreider et al., 1988). Για την κατηγορία ITU υπάρχει νέα γενιά τριαθλητών όπου πολλοί ξεκίνησαν από μικρή ηλικία προπόνηση στο τρίαθλο σαν το πρώτο τους αθλημα.

Για την κατηγορία AG, με την παγκόσμια εξάπλωση του τρίαθλου το εύρος των ηλικιών αμβλύνθηκε ακόμα περισσότερο τόσο σε μικρότερες όσο και σε μεγαλύτερες ηλικίες. Η ετήσια έκθεση της Αμερικανικής ομοσπονδίας τρίαθλου (USA Triathlon) για το 2014, που περιέχει δημογραφικά στοιχεία για τις ΗΠΑ, αναφέρει ότι στα τέλη της δεκαετίας του 1990 παρουσιάστηκε μία μετατόπιση της πλειοψηφίας από την ηλικιακή ομάδα 30-34 στην 35-39. Εκτοτε η μεγαλύτερη συμμετοχή παρατηρήθηκε στις ηλικιακές ομάδες 35-39 και 40-44. Η μέση ηλικία των αμερικανών τριαθλητών είναι 38 έτη, ενώ υπάρχουν και παιδικές κατηγορίες από 7 έως 17 ετών (2014 USA Triathlon membership report).

Μία πρόσφατη μελέτη (Knechtle et al., 2015), έδειξε ότι η ηλικία των τριαθλητών ήταν σημαντική προβλέπουσα μεταβλητή της επίδοσης σε αγώνες Half Ironman και Ironman και η ηλικία της βέλτιστης επίδοσης σε αγώνα τρίαθλου αυξανόταν ανάλογα με την απόσταση του αγώνα. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι για ΥΕ τριαθλητές που συμμετείχαν σε Ολυμπιακή απόσταση, Half Ironman και Ironman οι ηλικίες που πέτυχαν τις βέλτιστες επιδόσεις ήταν $27,1 \pm 4,9$, $28,0 \pm 3,8$, $35,1 \pm 3,6$ έτη για τους άνδρες και $26,6 \pm 4,4$, $31,6 \pm 3,4$, $34,4 \pm 4,4$ έτη για τις γυναίκες, αντίστοιχα.

Φύλο: Δεν υπάρχουν συνοπτικές μελέτες της σχετικής συμμετοχής παγκοσμίως ανδρών και γυναικών στο τρίαθλο. Σε κάποιες χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Μεγαλη Βρετανία, το τρίαθλο αναπτύσσεται εδώ και 40 περίπου χρόνια, ενώ σε άλλες πολύ λιγότερο, έως καθόλου. Η ετήσια έκθεση της Αμερικανικής Ομοσπονδίας τρίαθλου (USA Triathlon) αναφέρει ότι το 2014 ήταν εγγεγραμμένοι ως μέλη στις ΗΠΑ 477.000 τριαθλητές. Η συμμετοχή των γυναικών έχει παρουσιάσει αύξηση από 27% του συνόλου των τριαθλητών το 2000, σε πάνω από 37% το 2014 (2014 USA Triathlon membership report).

Γενικά οι άνδρες έχουν καλύτερες επιδόσεις από τις γυναίκες στο συνολικό χρόνο του τριάθλου, αλλά υπάρχουν διαφορές μεταξύ των φύλων ως προς τις επιδόσεις στα επί μέρους σκέλη. Συγκρίνοντας τους χρόνους των επί μέρους σκελών για τριαθλητές που συμμετείχαν από το 1988 έως το 2007 στο Ironman της Χαβάης, βρέθηκε ότι η διαφορά της επίδοσης μεταξύ των δύο φύλων ήταν σημαντικά μικρότερη στην κολύμβηση (9,8%) σε σχέση με την ποδηλασία (12,7%) και το τρέξιμο (13,3%). Στο Ironman της Ελβετίας κατά το διάστημα 1996-2010, η διαφορά στις επιδόσεις μεταξύ των δύο φύλων ήταν μεγαλύτερη στο τρέξιμο (18,2%) σε σχέση με την κολύμβηση (14,0%) και την ποδηλασία (13,2%). Οι διαφορές μεταξύ των δύο φύλων ως προς τη συνολική επίδοση και τις επί μέρους επιδόσεις έχουν μία τάση να μειωθούν. Σε αγώνες απόστασης Half Ironman και Ironman, οι διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων εξαρτώνται από την ηλικία των τριαθλητών (Knechtle et al., 2015).

Σε μία άλλη πρόσφατη μελέτη, εξετάστηκαν με απλή και πολλαπλή παλινδρόμηση οι διαφορές των επιδόσεων των δύο φύλων μεταξύ των πρώτων δέκα ανδρών και πρώτων δέκα γυναικών για Ολυμπιακή απόσταση σε όλους τους αγώνες ITU από την περίοδο 2009 έως 2012, συμπεριλαμβανομένων και των Ολυμπιακών αγώνων του Λονδίνου 2012 (Rust, Lepers, Stiefel, Rosemann & Knechtle, 2013). Βρέθηκε ότι οι διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών δεν άλλαξαν για το κολύμπι και το ποδήλατο, ενώ μειώθηκαν για το τρέξιμο από $14,9 \pm 2,7\%$ σε $13,2 \pm 2,6\%$ και μειώθηκαν για το συνολικό χρόνο από $11,9 \pm 1,2\%$ σε $11,4 \pm 1,4\%$.

Μάζα σώματος: Ως προς τη μάζα του σώματος, στην προαναφερθείσα έρευνα των Sleivert και Rowlands (1996), βρέθηκε ότι οι άνδρες τριαθλητές έμοιαζαν περισσότερο με ΥΕ ποδηλάτες. Οι ΥΕ τριαθλητές Ολυμπιακής απόστασης ζύγιζαν λιγότερο από τους χαμηλότερου επιπέδου ή τους ερασιτέχνες, πιθανό λόγω μικρότερου ποσοστού λίπους. Αντίθετα, οι ΥΕ τριαθλητές Ironman ζύγιζαν περισσότερο από τους συναθλητές τους της Ολυμπιακής απόστασης. Σε παρόμοιες σχέσεις κατέληξαν οι ερευνητές και για τις γυναίκες με τη διαφορά ότι οι ΥΕ τριαθλήτριες Ironman πλησίαζαν περισσότερο τις ΥΕ κολυμβήτριες, ενώ είχαν μεγαλύτερη μάζα σώματος από τις ποδηλάτισσες και τις δρομείς.

Σωματότυπος και % λίπους: Η επίδραση της σωματικής σύστασης και του % ποσοστού λίπους μπορεί να είναι διαφορετική στην επίδοση των επί μέρους σκελών της κολύμβησης, της ποδηλασίας και του δρόμου. Ενώ στην κολύμβηση το υψηλότερο % ποσοστό λίπους μπορεί να βοηθάει στην πλευστότητα (αν και μπορεί να αντισταθμιστεί με τη χρήση στολής νεοπρέν), όμως έχει αρνητικές συνέπειες στην επίδοση στο τρέξιμο. Στο ποδήλατο η αρνητική επίδραση της επιπλέον μάζας του σώματος λόγω μεγαλύτερης αεροδυναμικής αντίστασης, εξαιτίας της αυξημένης μετωπικής επιφάνειας, εξισορροπείται από μία αυξημένη απόλυτη ισχύ, εφόσον βέβαια το επιπλέον βάρος προέρχεται από μυϊκή μάζα (Sleivert & Rowlands, 1996). Επιπλέον, η επίδραση της σωματικής μάζας στην επίδοση εξαρτάται και από τα υψομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε αγώνα. Ένας αγώνας με σημαντικές υψομετρικές διαφορές θα επηρεάσει αρνητικά τους βαρύτερους τριαθλητές.

Σε παλαιότερες μελέτες αξιολογήθηκε το τυπικό ποσοστό λίπους για αθλητές Ολυμπιακής απόστασης και απόστασης Ironman σε 6 έως 11% για τους άνδρες και 12 έως 18% για τις γυναίκες (Sleivert & Rowlands, 1996). Σε μία άλλη μελέτη ΥΕ τριαθλητών, που προετοιμάζονταν για το Ironman της Χαβάης, αναφέρονται τιμές 9.9% λίπους για τους άνδρες και 15.4% για τις γυναίκες (O'Toole et al., 1987a), ενώ σε μία επόμενη έρευνα από την ίδια ομάδα ερευνητών οι τιμές που παρουσιάζονται είναι από 4 έως 10% για τους άνδρες και από 13 έως 18% για τις γυναίκες (O'Toole et al., 1989a). Σε μία μεταγενέστερη έρευνα σε τριαθλητές Ironman, αναφέρεται ότι μία ελάττωση στην ενδομορφία και μία αύξηση στην εκτομορφία (τάση για ένα ελαφρύ, στενόμακρο σώμα) βελτιώνουν σημαντικά την επίδοση (Knechtle et al., 2015). Ανάμεσα σε όλα τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, το % λίπους ήταν η σημαντικότερη μεταβλητή πρόβλεψης της επίδοσης σε αγώνες Half Ironman και Ironman, με διαφορετική όμως επίδραση ανάμεσα στα δύο φύλα. Στους άνδρες, το % λίπους είχε αρνητική συσχέτιση με το συνολικό χρόνο, το χρόνο ποδηλασίας και το χρόνο τρεξίματος, ενώ στις γυναίκες το % λίπους δεν είχε συσχέτιση με το συνολικό χρόνο (Knechtle et al., 2015).

Ύψος: Σε μία μελέτη σύγκρισης των φυσικών χαρακτηριστικών τόσο ΥΕ όσο και μεσαίου επιπέδου τριαθλητών που συμμετείχαν σε αγώνες Ολυμπιακής απόστασης και απόστασης Ironman, με ΥΕ κολυμβητές 1500/800 m, ΥΕ ποδηλάτες και ΥΕ δρομείς αποστάσεων 5 Km έως μαραθωνίου, υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές του ύψους ανδρών και γυναικών από ένα αριθμό μελετών με βάρος τον αντίστοιχο αριθμό των δοκιμαζομένων της κάθε μελέτης. Βρέθηκε ότι, για τους άνδρες, το ύψος των τριαθλητών έμοιαζε περισσότερο με αυτό των ποδηλατών ενώ ήταν χαμηλότερο από αυτό των τριαθλητών. Στους άνδρες δεν βρέθηκαν μεγάλες διαφορές στο ύψος μεταξύ των τριαθλητών της Ολυμπιακής απόστασης και της απόστασης Ironman. Οι γυναίκες της απόστασης Ironman ήταν πιο ψηλές από αυτές τις Ολυμπιακής απόστασης και οι δύο αυτές ομάδες ήταν ψηλότερες από τις ΥΕ δρομείς, ενώ ήταν κοντότερες από τις ΥΕ ποδηλάτισσες και κολυμβήτριες (Sleivert & Rowlands, 1996).

Μορφωτικό επίπεδο: Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της Αμερικανικής ομοσπονδίας τριάθλου (USA Triathlon) για το 2014, ο μέσος αμερικανός τριαθλητής προέρχεται από υψηλό κοινωνικό-οικονομικό κλίμακιο με μέσο ετήσιο εισόδημα \$ 126.000 και έχει υψηλό μορφωτικό επίπεδο. Σύμφωνα με τα στοιχεία απασχόλησης, ο ιδιωτικός τομέας έχει τη μεγαλύτερη εκπροσώπηση με τις εξής ποσοστιαίες αναλογίες: 49% ιδιωτικοί υπάλληλοι γραφειακής απασχόλησης, το 19% ελεύθεροι επαγγελματίες (γιατροί, δικηγόροι, λογιστές), το 12% φοιτητές και εκπαιδευτικοί, το 12 % σε χειρωνακτικές εργασίες και το 6% δημόσιοι υπάλληλοι και στρατιωτικοί (2014 USA Triathlon membership report).

Απόσταση τριάθλου: Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της Αμερικανικής ομοσπονδίας τριάθλου (USA Triathlon) για το 2014, το 78% των τριαθλητών συμμετέχει σε αγώνες μικρής διάρκειας, το 58% σε Ολυμπιακή απόσταση, το 39% σε Half Ironman και το 17% σε Ironman. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη σε ετήσιο αριθμό αγώνων είναι στην απόσταση μικρής διάρκειας που από 818 αγώνες το 2004 αυξήθηκαν σε 1507 το 2010, ενώ και οι υπόλοιπες αποστάσεις παρουσίασαν αύξηση (2014 USA Triathlon membership report).

2.3. Φυσιολογικά χαρακτηριστικά των τριαθλητών

Το τρίαθλο είναι άθλημα αντοχής και η επιτυχία ενός αθλητή σ' αυτό έγκειται στην ικανότητά του να εκτελεί διαδοχικά τα 3 επί μέρους αθλήματα αλλά και τις 2 αλλαγές στον ελάχιστο δυνατό χρόνο, παράγοντας και αξιοποιώντας με τον πλέον αποδοτικό τρόπο υψηλές ποσότητες ενέργειας για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (O'Toole et al., 1989). Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των τριαθλητών είναι τέτοια ώστε το κάθε σκέλος να γίνεται με βέλτιστο τρόπο. Ο σκοπός είναι η συσσωρευμένη κόπωση από το προηγούμενο άθλημα να προκαλεί τις ελάχιστες δυνατές διαταραχές της ομοιόστασης στις καρδιαγγειακές, αιμοδυναμικές, μεταβολικές, θερμορυθμιστικές και μυοσκελετικές λειτουργίες για το επόμενο άθλημα (O'Toole & Douglas, 1995).

Πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την επίδραση επιλεγμένων φυσιολογικών μεταβλητών στην επίδοση αθλημάτων αντοχής σε μία προσπάθεια να βρεθεί ποιές είναι οι μεταβλητές εκείνες που σχετίζονται περισσότερο με την επιτυχία. Η πιο συνηθισμένη ενδεικτική παράμετρος της αερόβιας αντοχής αθλητών είναι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{max}}$) και ως εκ τούτου έχει προταθεί σαν χαρακτηριστικός παράγων καθορισμού της επίδοσης σε διάφορα αθλήματα αντοχής και στο τρίαθλο (Sleivert & Rowlands, 1996; O'Toole & Douglas, 1995). Όμως και άλλες παράμετροι, υπομέγιστης έντασης, όπως η ενεργειακή οικονομία (η κατανάλωση οξυγόνου, VO_2 , σε μία υπομέγιστη ένταση), η ποσοστιαία αξιοποίηση της $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\%\text{VO}_{2\text{max}}$), το αναερόβιο κατώφλι (AK), σε απόλυτες ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) και σχετικές τιμές ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), έχουν αποδειχθεί σημαντικές προβλέπουσες παράμετροι της επίδοσης, συχνά μάλιστα ίδιας ή και μεγαλύτερης δύναμης από την $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Suriano & Bishop, 2010).

Οι περισσότερες μελέτες έχουν εξετάσει τρίαθλο Ολυμπιακής απόστασης, Half Ironman και Full Ironman. Πολύ λιγότερες έρευνες έχουν ερευνήσει το τρίαθλο μικρής διάρκειας, παρ'όλο που η πλειοψηφία των αγώνων τρίαθλου είναι μικρής διάρκειας και οι περισσότεροι τριαθλητές συμμετέχουν σε τρίαθλα μικρής διάρκειας. Τα τρίαθλα μικρής διάρκειας είναι άλλωστε και η συνηθισμένη απόσταση από την οποία ξεκινάει κάποιος νεοεισερχόμενος στο άθλημα.

2.4. Μέγιστες τιμές της αερόβιας ικανότητας (VO_2max , vVO_2max , Wpeak)

Οι αθλητές αντοχής μεμονωμένων αθλημάτων στην κολύμβηση, στην ποδηλασία και στο τρέξιμο χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές της VO_2max και, λογικά, κάτι παρόμοιο, αναμένεται και για τους τριαθλητές. Διάφορες μελέτες έχουν εξετάσει τη μέγιστη αερόβια ικανότητα των τριαθλητών μετρώντας την VO_2max σε δοκιμασίες κολύμβησης, ποδηλασίας και τρεξίματος (Πίνακας 2.1) σε μία προσπάθεια να γίνει σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές των αθλητών των μεμονωμένων αθλημάτων (O'Toole et al., 1989a). Για τους τριαθλητές, υπήρχαν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές της VO_2max . Οι μέσες τιμές της VO_2max που παρουσιάστηκαν για δοκιμασία σε δαπεδοεργόμετρο κυμαίνονταν από $57,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Albrecht et al., 1986), έως $72 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Holly et al., 1986), για τους άνδρες και από $58,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Holly et al., 1986), έως $65,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (O'Toole et al., 1987a), για τις γυναίκες. Στην μελέτη των O'Toole και συνεργατών (1987a), βρέθηκαν όχι μόνο μεγάλο εύρος τιμών της VO_2max από $52,2$ έως $84,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ για τους άνδρες και από $56,1$ έως $80,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ για τις γυναίκες, αλλά και περιπτώσεις όπως ενός άνδρα τριαθλητή με σχετικά χαμηλές τιμές της VO_2max $52,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ που είχε επίδοση κάτω των 12 ωρών στο Ironman της Χαβάης (που θεωρείται καλή) και μίας γυναίκας με χαμηλό $56,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ που κατέλαβε την 3η θέση στον ίδιο αγώνα. Για την ποδηλασία, οι μέσες τιμές της VO_2max κυμαίνονταν από $54,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Kohrt et al., 1987b), έως $66,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (O'Toole et al., 1987a), για τους άνδρες ενώ κατά μέσον όρο βρέθηκαν $61,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ για τις γυναίκες (O'Toole et al., 1987a). Σε κάποιες έρευνες, οι μέγιστες τιμές της VO_2max κατά την δοκιμασία σε κυκλοεργόμετρο παρουσιάστηκαν περίπου 3 έως 6% χαμηλότερες από ότι για δοκιμασία σε δαπεδοεργόμετρο (Kohrt et al., 1987a; O'Toole et al., 1987a). Για τους τριαθλητές, οι διαφορές αυτές των τιμών μεταξύ των δύο δοκιμασιών είναι αρκετά μικρότερες από τις διαφορές που θα αναμένονταν για αθλητές μεμονωμένων αθλημάτων οι οποίες έχουν βρεθεί από προηγούμενες έρευνες να είναι από 9 έως 11% (Roalstad, 1989). Οι μικρότερες αυτές διαφορές για τους τριαθλητές πιθανόν να οφείλονται στο ότι οι τριαθλητές προπονούνται ταυτόχρονα σε τρία αθλήματα, ενώ οι αθλητές μεμονωμένων

αθλημάτων μόνο στο ένα άθλημα της ειδικότητάς τους. Για προσδεδεμένη κολύμβηση, οι μέγιστες τιμές της VO_2max που αναφέρθηκαν ήταν από 46,8 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Kohrt et al., 1987b), έως 56,7 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Dengel et al., 1986). Καί εδώ, παρατηρήθηκε το ίδιο, δηλαδή οι διαφορές της VO_2max στους τριαθλητές μεταξύ της δοκιμασίας κολύμβησης και τρεξίματος (13 έως 18% χαμηλότερες) ήταν μικρότερες απ'ότι θα αναμενόταν για δρομείς μόνο.

Το συμπέρασμα από τις παραπάνω μελέτες, ήταν ότι οι μέγιστες τιμές της VO_2max των τριαθλητών δεν είχαν μεγάλες διαφορές από αυτές των αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων (O'Toole et al., 1989). Ενώ μέχρι τότε θεωρείτο ασυνήθιστο ένας αθλητής να είναι παγκοσμίου επιπέδου σε περισσότερα από ένα αθλήματα, εν τούτοις τα αποτελέσματα των τριαθλητών έδειξαν ότι οι αθλητές αυτοί είχαν μέγιστη αερόβια ικανότητα που δεν υπολοιπόταν από αυτές των ΥΕ κολυμβητών, ποδηλατών και δρομέων. Εφόσον οι τριαθλητές προπονούνται στο κάθε ένα από τα τρία αθλήματα τους λιγότερο από τους ΥΕ αθλητές μονού αθλήματος, αυτό ενισχύει την υπόθεση ότι πιθανόν να υπάρχουν γενικές καρδιαγγειακές προσαρμογές (cross-training effect) από την προπόνηση ενός αθλήματος σε άλλο (Roalstad, 1989).

Πίνακας 2.1. Τιμές της VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) τριαθλητών συγκριτικά με αυτές των αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων (από O'Toole, Douglas & Hiller, 1989a).

Δοκιμαζόμενοι	Δαπεδοεργόμετρο	Κυκλοεργόμετρο	Προσδεδεμένη κολύμβηση	Χειροκίνητο εργόμετρο	Έρευνα
Ανδρες					
Κολυμβητές	68,6				O'Toole et al. (1987a)
Ποδηλάτες		74,0			O'Toole et al. (1987a)
Δρομείς	78,8				O'Toole et al. (1987a)
Τριαθλητές	62,0	55,0		36,4	Otto et al. (1985)
					[άπειροι]
	57,6	56,3		30,4	Allbrecht et al. (1986)
	65,2	63,3	56,7		Dengel et al. (1986)
					[ελεύθερη κολύμβηση]
	72,0				Holly et al. (1986) YE
	58,4				Holly et al. (1986)
	60,5	57,9	52,5		Kohrt et al. (1987a)
	57,4	54,4	46,8		Kohrt et al. (1987b)
	68,8	66,7		49,1	O'Toole et al. (1987a)
	67,2	64,3			Roalstad et al. (1987)
	68,1	64,3	51,0		Kreider et al. (1988a)
Γυναίκες					
Κολυμβήτριες	58,0				
Ποδηλάτισσες		57,4			
Δρομείς	60,0				
Τριαθλήτριες	58,7				Holly et al. (1986)
	61,0	56,9			Roalstad et al. (1987)
	65,9	61,6		39,7	O'Toole et al. (1987a)
	63,6	59,9			Schneider & Pollack (1991)
	65,6				Laurenson et al. (1991)
					YE
	60,4				Laurenson et al. (1991)
					[ερασιτέχνες]

Σε μεταγενέστερη μελέτη των Sleivert και Rowlands (1996), για τριαθλητές Ολυμπιακής απόστασης και Ironman, αναφέρεται ότι οι μέσες τιμές της VO_2max σε μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο σε YE δρομείς ήταν 8

εως 23% υψηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές των τριαθλητών. Επιπλέον, οι τιμές της VO_2max σε κυκλοεργόμετρο σε καλά προπονημένους ποδηλάτες ήταν 15 έως 23% υψηλότερες συγκριτικά με αυτές των τριαθλητών. Τέλος οι τιμές της VO_2max σε μέγιστη δοκιμασία κολύμβησης για αθλητές μόνο κολύμβησης ήταν 18 έως 20% υψηλότερες από αυτές των τριαθλητών. Η ερμηνεία των ερευνητών για τα παραπάνω αποτελέσματα ήταν ότι οι χαμηλότερες προαναφερθείσες τιμές της VO_2max για τριαθλητές μπορεί εν μέρει να οφείλονται στην παραπάνω μυϊκή μάζα που είναι αναγκαία για την κολύμβηση, ενώ δεν είναι απαραίτητη για την ποδηλασία και το τρέξιμο. Ο μικρότερος όγκος προπόνησης σε καθένα από τα τρία αθλήματα ίσως εξηγεί επίσης τις συστηματικά μικρότερες τιμές της VO_2max . Οι μεγαλύτερες τιμές της VO_2max για τους αθλητές μονού αθλήματος είναι σε συμφωνία με την αρχή της εξειδίκευσης της προπόνησης και δεν συμφωνούν με την υπόθεση ότι προπόνηση σε ένα άθλημα μπορεί να βελτιώσει τις επιδόσεις σε ένα άλλο (cross-training). Η εγκυρότητα της μελέτης των Sleivert και Rowlands (1996), αμφισβητήθηκε από μία κατοπινή έρευνα (Suriano & Bishop, 2010), σύμφωνα με την οποία οι τριαθλητές και οι επί μέρους ΥΕ αθλητές που συγκρίθηκαν στη μελέτη των Sleivert και Rowlands δεν ήταν ίδιου επιπέδου καθότι, κατά την δεκατία του 1980 που έγιναν οι περισσότερες μελέτες, το τρίαθλο δεν ήταν αρκετά αναπτυγμένο ώστε να προσελκύσει επαγγελματίες αθλητές πραγματικά υψηλού επιπέδου. Πρόσφατες έρευνες όπου μετρήθηκαν οι VO_2max τριαθλητών των εθνικών ομάδων τρίαθλου της Γαλλίας (Hue et al., 2000), της Μεγάλης Βρετανίας (Laurenson et al., 1993), της Νοτίου Αφρικής (Schabort et al., 2000), και συγκρίθηκαν με επαγγελματικές ομάδες ποδηλασίας και δρομείς εθνικών ομάδων μααραθωνίου δρόμου (Billat et al., 2001; Padilla et al., 1999; Lucia et al., 2000), έδειξαν ότι η νέα γενιά τριαθλητών έχουν τιμές της VO_2max που δεν διαφέρουν κατά πολύ από εκείνες των ΥΕ αθλητών αντοχής μεμονωμένων αθλημάτων κολύμβησης, ποδηλασίας και τρεξίματος (Suriano & Bishop, 2010).

Οι τρόποι έκφρασης της VO_2max είναι σε απόλυτες τιμές ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) ή σχετικές τιμές όπου η απόλυτη τιμή διαιρείται με τη μάζα του σώματος ή με το βάρος της άλιπης σωματικής μάζας ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Επειδή στα τρία αθλήματα

που συνθέτουν το τρίαθλο η σχέση της μάζας του σώματος που μεταφέρεται από τον αθλητή με την απόδοση είναι διαφορετική, είναι πιθανόν να χρειάζονται διαφορετικοί τρόποι έκφρασης της $\dot{V}O_{2max}$ για τα διάφορα αθλήματα. Παρόλο που για τη σύγκριση κολυμβητών μεταξύ τους αναφέρονται συνήθως απόλυτες τιμές της $\dot{V}O_{2max}$, σε συγκρίσεις κολυμβητών με τριαθλητές είναι πιθανόν πιο κατάλληλο να χρησιμοποιούνται σχετικές τιμές της $\dot{V}O_{2max}$. Στην ανασκόπηση των Suriano και Bishop (2010), γίνεται λεπτομερής συζήτηση των παραπάνω. Κατά την ποδηλασία, όπου το βάρος του αθλητή μεταφέρεται από το ποδήλατο προτείνεται να εκφράζεται η $\dot{V}O_{2max}$ σε απόλυτες τιμές, ενώ στο τρέξιμο να χρησιμοποιούνται οι σχετικές τιμές της παραμέτρου. Ωστόσο, επειδή μία χαμηλότερη τιμή της $\dot{V}O_{2max}$ μπορεί να συνυπάρχει με μία υψηλότερη ενεργειακή οικονομία, δεν είναι πάντα σαφές ποιά είναι η πιο κατάλληλη κανονικοποίηση της $\dot{V}O_{2max}$ σε τριαθλητές (Suriano & Bishop, 2010).

2.4.1. Κολύμβηση

Παρόλο που οι μελέτες των Chatard και συνεργατών (1990), και του Nomura (1983), βρήκαν συσχέτιση της $\dot{V}O_{2max}$ σε απόλυτες τιμές με την επίδοση σε 400 m κολύμβηση ($r = 0,80$ και $r = 0,75$, αντίστοιχα), ο Costill και οι συνεργάτες του (1985), παρατήρησαν ότι οι σχετικές τιμές της $\dot{V}O_{2max}$ ως προς το βάρος μέσα στο νερό (ml.kg^{-1} μέσα στο νερό. min^{-1}) είχαν μεγαλύτερη συσχέτιση ($r = 0,74$) με την επίδοση σε 365,8 m κολύμβησης από ότι οι απόλυτες τιμές της $\dot{V}O_{2max}$ ($r = 0,47$) ή οι σχετικές τιμές της $\dot{V}O_{2max}$ ως προς το βάρος έξω από το νερό ($r = 0,40$). Επιπλέον, σε μία άλλη έρευνα (Ribeiro et al., 1990), παρατηρήθηκε χαμηλή συσχέτιση ($r = 0,30$) μεταξύ της $\dot{V}O_{2max}$ σε απόλυτες τιμές και της επίδοσης σε 400 m κολύμβηση. Στην μελέτη των Wakayoshi και συνεργατών (1992) σε κολυμβητές εξετάστηκε η ικανότητα πρόβλεψης της $\dot{V}O_{2max}$ και της επίδοσης σε 400 m κολύμβηση από την κρίσιμη ταχύτητα, (V_{crit} , την μέγιστη δυνατή ταχύτητα που μπορεί να διατηρήσει ένας κολυμβητής για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα, που είναι μία παράμετρος αντίστοιχη με την ταχύτητα τρεξίματος στο αναερόβιο κατώφλι). Σε συμφωνία με τα ευρήματα της έρευνας των Costill και συνεργατών (1985), δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της $\dot{V}O_{2max}$ σε απόλυτες τιμές και της επίδοσης σε 400 m

κολύμβηση ($r = 0,437$) αλλά ούτε και μεταξύ της $VO_2\max$ και της V_{crit} ($r = 0,318$).

2.4.2. Ποδηλασία

Στην ποδηλασία υπάρχουν μελέτες (Krebs et al., 1986; Malhotra et al., 1984; Coyle et al., 1988), που αναφέρουν συσχετίσεις της $VO_2\max$ με την επίδοση ($r = -0,47$ και $-0,87$). Σε μία μελέτη ποδηλασίας ατομικής χρονομέτρησης (AX) 15 km, η $VO_2\max$ σε $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ παρουσίασε αρνητική συσχέτιση ($r = -0,68$) με την επίδοση (Miller et al., 1985). Στην ίδια μελέτη, το αναερόβιο κατώφλι, τόσο σε $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ($r = -0,93$) όσο και σε $l.min^{-1}$ ($r = -0,77$), παρουσίασαν υψηλότερες συσχετίσεις με την επίδοση συγκριτικά με αυτήν της $VO_2\max$.

Άλλες μελέτες αναφέρουν την μέγιστη ισχύ (W_{max} ή W_{peak}) σαν κριτήριο αξιολόγησης του επιπέδου των ποδηλατών (Bentley et al., 2001; Mujika & Padilla, 2001; Schabert et al., 2000). Στη μελέτη των Bentley και συνεργατών (2001), σε 9 ποδηλάτες, ερευνήθηκαν οι σχέσεις μεταξύ της $VO_2\max$, της W_{peak} και διαφόρων παραμέτρων υπομέγιστης έντασης με την επίδοση (εκφρασμένη ως την μέση ισχύ) σε μέγιστη προσπάθεια 20 και 90 λεπτών (AX20, AX90) σε κυκλοεργόμετρο. Οι συγγραφείς ανέφεραν χαμηλές τιμές ($p > 0,05$) της συσχέτισης της $VO_2\max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) με την επίδοση σε AX20 ($r = 0,11$) και AX90 ($r = 0,47$). Η AX90 παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με την W_{peak} ($r = 0,91$), ενώ η AX20 συσχετιζόταν σημαντικά με την απόλυτη τιμή της $VO_2\max$ ($r = 0,69$). Παρόμοιες αρνητικές συσχετίσεις έχουν αναφερθεί μεταξύ της W_{peak} και του χρόνου επίδοσης σε AX20 km ($r = -0,91$) από τους Hawley και Noakes (1992) ή σε AX40 km ($r = -0,87$) από την ερευνητική ομάδα των Bentley και των συνεργατών του (1998).

2.4.3. Τρέξιμο

Οι Costill και συνεργάτες (1973), έχουν δημοσιεύσει υψηλή συσχέτιση μεταξύ της $VO_2\max$ και της επίδοσης σε αγώνες δρόμου αντοχής 10 μιλίων ($r = -$

0,91). Σε μία άλλη μελέτη που ερευνήσε τη σχέση μεταξύ της VO_2max και της επίδοσης μαραθωνίου δρόμου (Sjodin & Svedenhag, 1985), χρησιμοποιώντας σταδιακή πολλαπλή παλινδρόμηση βρέθηκε ότι μόλις το 61% της διασποράς στην επίδοση εξηγούνταν αποκλειστικά και μόνο από την VO_2max . Είναι γνωστό ότι μία σχετικά χαμηλή VO_2max μπορεί να αντισταθμιστεί με μία υψηλή δρομική οικονομία, η οποία μπορεί να εκφρασθεί ως η κατανάλωση οξυγόνου σε υπομέγιστη ταχύτητα (πχ $\text{VO}_{2,15}$, σε ταχύτητα 15 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$). Προσθέτοντας και τη δρομική οικονομία στο μοντέλο πρόβλεψης, το ποσοστό της εξηγημένης διασποράς στην επίδοση αυξήθηκε σε 84%. Ένας επιπλέον παράγων που επηρεάζει την επίδοση είναι η % αξιοποίηση της VO_2max σε ρυθμό μαραθωνίου δρόμου ($\%\text{VO}_{2,MA}/\text{VO}_2\text{max}$) όπου MA είναι η μέση ταχύτητα μαραθωνίου. Μαζί οι τρεις παραπάνω μεταβλητές, η VO_2max , η $\text{VO}_{2,15}$ και η $\%\text{VO}_{2,MA}/\text{VO}_2\text{max}$ εξήγησαν το 98% της διασποράς στην επίδοση του μαραθωνίου.

Σε μία άλλη έρευνα (Farell et al., 1979), όπου εξετάσθηκε η συσχέτιση της VO_2max με την επίδοση σε αγώνες δρόμου αντοχής, από 3,2 km έως μαραθώνιο, αναφέρθηκε ότι οι συντελεστές συσχέτισης κυμαίνονταν από $r = -0,83$ έως $r = -0,91$. Οι Noakes και συνεργάτες (1990), μελέτησαν σαράντα τρεις έμπειρους δρομείς μαραθωνίου και υπεραποστάσεων για να συγκρίνουν την προβλεπτική ικανότητα μίας ομάδας φυσιολογικών παραμέτρων για την εκτίμηση της επίδοσης σε αγώνες δρόμου ποικίλων αποστάσεων, 10, 21,1, 42,2 και 90 km. Οι φυσιολογικές παράμετροι που εξετάσθηκαν ήταν η VO_2max , η $v\text{VO}_2\text{max}$ (μέγιστη ταχύτητα τρεξίματος κατά την δοκιμασία VO_2max), η δρομική οικονομία μετρημένη ως το % ποσοστό της VO_2max σε υπομέγιστη ταχύτητα 16 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, και η ταχύτητα στο γαλακτικό κατώφλι. Η μεταβλητή που από μόνη της προέβλεπε καλύτερα την επίδοση σε όλες τις αποστάσεις ήταν η $v\text{VO}_2\text{max}$ (από $r = -0,91$ έως $r = -0,94$) ενώ η VO_2max είχε μικρότερη προβλεπτική ικανότητα (από $r = -0,55$ έως $r = -0,82$). Παρόμοια ευρήματα ανακοινώθηκαν στην έρευνα των Morgan και συνεργατών (1989), για καλά προπονημένους δρομείς 10 km όπου η $v\text{VO}_2\text{max}$ είχε υψηλότερη συσχέτιση ($r = -0,87$) με την επίδοση απ' ότι η VO_2max ($r = -0,45$).

Σε μία έρευνα σε 10 άνδρες και 10 γυναίκες μαραθωνοδρόμους ΥΕ χωρισμένους σε 2 ομάδες, διεθνούς επιπέδου (καλύτερη επίδοση < 2 hr 11 min για τους άνδρες και < 2 h 32 min για τις γυναίκες) και εθνικού επιπέδου (καλύτερη επίδοση < 2 h 16 min για τους άνδρες και < 2 h 38 min για τις γυναίκες) μέλη των εθνικών ομάδων της Γαλλίας και της Πορτογαλίας, έγιναν οι εξής δοκιμασίες: 10 km τρέξιμο σε ρυθμό μαραθωνίου και 6 λεπτά αργότερα τρέξιμο 1000 m σε μέγιστη προσπάθεια για τον προσδιορισμό της $\text{VO}_{2\text{max}}$. Βρέθηκε ότι (1) για τους άνδρες, η $\text{VO}_{2\text{max}}$ είχε αρνητική συσχέτιση ($r = -0,77$) με την επίδοση στο μαραθώνιο και (2) για τις γυναίκες, η $\text{VO}_{2\text{max}}$ δεν είχε συσχέτιση με την επίδοση, ωστόσο η μεταβλητή που είχε υψηλή συσχέτιση ($r = -0,85$) ήταν η ταχύτητα κατά τη μέγιστη δοκιμασία δρόμου 1000 m αμέσως μετά το τρέξιμο των 10 km σε ρυθμό μαραθωνίου (Billat et al., 2001).

2.4.4. Τρίαθλο

Οι Butts και συνεργάτες (1991), υπέβαλλαν είκοσι τρεις ερασιτέχνες τριαθλητές (16 άνδρες και 7 γυναίκες) σε δοκιμασίες $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε προσδεδεμένη κολύμβηση, ποδηλασία και τρέξιμο. Μετά τις αξιολογήσεις, οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε αγώνα τρίαθλου (910 m κολύμπι, 40 km, ποδήλατο, 10 km τρέξιμο). Οι χρόνοι του ποδηλατικού σκέλους παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση με την $\text{VO}_{2\text{max}}$ στο κυκλοεργόμετρο τόσο σε απόλυτες τιμές ($r = -0,57$) όσο και σχετικές τιμές ($r = -0,78$). Οι χρόνοι του τρεξίματος είχαν υψηλή συσχέτιση με τις σχετικές ($r = -0,84$) αλλά όχι τις απόλυτες τιμές της $\text{VO}_{2\text{max}}$ στο δαπεδοεργόμετρο. Οι χρόνοι της κολύμβησης είχαν υψηλή συσχέτιση με τις απόλυτες ($r = -0,49$) αλλά όχι τις σχετικές τιμές της $\text{VO}_{2\text{max}}$ στην προσδεδεμένη κολύμβηση. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με μία προηγούμενη έρευνα (Kohrt et al., 1987a), σε δεκατρείς έμπειρους τριαθλητές για απόσταση Half Ironman που ανέφερε ότι οι επιδόσεις στα επί μέρους σκέλη της ποδηλασίας και του τρεξίματος είχαν σημαντική συσχέτιση με τις αντίστοιχες $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($r = -0,78$ και $r = -0,68$) αλλά όχι η επίδοση στο κολυμβητικό σκέλος ($r = -0,50$). Η εξήγηση που δόθηκε από τους ερευνητές για τις χαμηλότερες συσχετίσεις μεταξύ της $\text{VO}_{2\text{max}}$ και της επίδοσης στην κολύμβηση συγκριτικά με την ποδηλασία και το τρέξιμο ήταν ότι, επειδή η κολύμβηση είναι πολύ πιο τεχνικό άθλημα από τα

άλλα δύο, η επίδοση σε αυτήν φαίνεται ότι επηρεάζεται περισσότερο από παράγοντες όπως η τεχνική της χεριάς, η πλευστότητα και η υδροδυναμική θέση του σώματος από ότι η VO_2max . Και στις προηγούμενες δύο έρευνες δεν υπήρχε κολλητήριο στο ποδήλατο.

Σε μελέτη των Sleivert & Wenger (1993), δεκαοκτώ άνδρες και επτά γυναίκες τριαθλητές (ερασιτέχνες και YE) αφού πρώτα ολοκλήρωσαν ένα τρίαθλο (1 km, 30 km, 9 km), στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε ανθρωπομετρήσεις, ισοκινητική αξιολόγηση δύναμης των εκτεινόντων-καμπτήρων των σκελών και δοκιμασίες προσδιορισμού της VO_2max και του αναπνευστικού ουδού (VT) σε κολύμπι, ποδήλατο και τρέξιμο. Μετά από διαφορετική ανάλυση για τα δύο φύλα παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος της κολύμβησης στο τρίαθλο παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με την VO_2max στην κολύμβηση, σε σχετικές τιμές για τις γυναίκες ($r = -0,93$) και για τους άνδρες ($r = -0,48$). Ο χρόνος στο ποδηλατικό σκέλος δεν παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με την VO_2max στο κυκλοεργόμετρο για κανένα από τα δύο φύλα. Ο χρόνος του τρεξίματος είχε σημαντική συσχέτιση με την VO_2max στις γυναίκες ($r = -0,88$) αλλά όχι στους άνδρες. Δεν ήταν σαφές εάν οι διαφορές αυτές οφείλονταν σε πραγματικές διαφορές μεταξύ των φύλων ή στο μικρότερο μέγεθος του δείγματος για τις γυναίκες, σε διαφορές του επιπέδου απόδοσης, σε περιβαλλοντικές συνθήκες ή σε επίδραση της διαδρομής του αγώνα.

Σε άλλη μελέτη με τριαθλητές YE (Schabort et al., 2000), η επίδοση σε Ολυμπιακό τρίαθλο βρέθηκε ότι μπορούσε να προβλεφθεί από τις παρακάτω μεταβλητές: (1) τη συγκέντρωση γαλακτικού σε σταθερό έργο $4 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ πάνω σε κυκλοεργόμετρο ($r = 0,92$), (2) τη συγκέντρωση γαλακτικού σε τρέξιμο με ταχύτητα $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($r = 0,89$), (3) τη μέγιστη ισχύ (W_{peak}) κατά την δοκιμασία VO_2max σε κυκλοεργόμετρο ($r = 0,86$), (4) τη μέγιστη ταχύτητα τρεξίματος $v\text{VO}_2\text{max}$ ($r = 0,85$), και (5) τη VO_2max στο κυκλοεργόμετρο ($r = 0,85$). Επίσης βρέθηκε σημαντική συσχέτιση ($r = 0,73$) μεταξύ του $\%\text{VO}_2\text{max}$ για υπομέγιστες εντάσεις στο τρέξιμο και στην ποδηλασία και της επίδοσης στο ανάλογο σκέλος του τριάθλου αλλά και της συνολικής επίδοσης. Υστερα από σταδιακή πολλαπλή παλινδρόμηση βρέθηκε υψηλή συσχέτιση ($r = 0,90$) μεταξύ του εκτιμώμενου και

του πραγματικού χρόνου τερματισμού. Καμμία από τις μεταβλητές κολύμβησης δεν είχε σημαντική συσχέτιση ούτε με το συνολικό χρόνο ούτε με τους επί μέρους χρόνους των σκελών του τριάθλου. Αυτό διαφωνεί με τα ευρήματα προηγούμενης μελέτης των Costill και συνεργατών (1985), όπου η απόσταση της χεριάς ήταν η καλύτερη προβλέπουσα μεταβλητή ($r = 0,88$) για την επίδοση σε 365,8 m ελεύθερης κολύμβησης. Η εξήγηση των ερευνητών ήταν ότι η αξιολόγηση στην κολύμβηση έγινε σε μέγιστη δοκιμασία 400 m σε πισίνα ενώ στον αγώνα τριάθλου το κολυμβητικό σκέλος 1500 m πραγματοποιήθηκε στη ανοικτή θάλασσα. Επιπλέον, η σχετική συνεισφορά του κολυμβητικού σκέλους στο συνολικό χρόνο του τριάθλου ήταν αρκετά μικρή (17%) ώστε να έχουν οι κολυμβητικές παράμετροι σημαντική συσχέτιση με τη συνολική επίδοση.

Για απόσταση Half Ironman μία άλλη μελέτη σε έντεκα άνδρες τριαθλητές παρουσίασε χαμηλές συσχετίσεις μεταξύ των επί μέρους VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) και των επιδόσεων στα σκέλη της κολύμβησης ($r = -0,49$), της ποδηλασίας ($r = -0,32$) και του δρόμου ($r = -0,55$) του αγώνα τριάθλου (Dengel et al., 1986). Στην μελέτη αυτή η καλύτερη προβλέπουσα μεταβλητή για τη συνολική επίδοση ήταν ο χρόνος του τρεξίματος και ο χρόνος της ποδηλασίας κατά τον αγώνα ($r = -0,97$ και $r = -0,81$ αντίστοιχα).

Σε μία από τις παλαιότερες έρευνες (O'Toole et al., 1987a), δεκατέσσερις δοκιμαζόμενοι τριαθλητές (6 γυναίκες και 8 άνδρες) που συμμετείχαν στο Ironman της Χαβάης, υποβλήθηκαν σε δοκιμασίες VO_2max σε δαπεδοεργόμετρο, κυκλοεργόμετρο και χειροκίνητο εργόμετρο. Δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του χρόνου τερματισμού στον αγώνα και της VO_2max στο τρέξιμο ($r = -0,09$), στην ποδηλασία ($r = 0,04$) ή στην κολύμβηση ($r = 0,19$). Μία διαφορετική μελέτη που εξέτασε εννέα λιγότερο έμπειρους τριαθλητές σε (σχεδόν) Ολυμπιακή απόσταση τριάθλου (1 μίλι κολύμβηση, 28 μίλια ποδηλασία και 6,2 μίλια δρόμο) επίσης δεν κατάφερε να βρεί υψηλές συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης των επί μέρους σκελών της κολύμβησης ή της ποδηλασίας και των αντίστοιχων VO_2max . Η μόνη εξαίρεση ήταν στο δρομικό σκέλος όπου βρέθηκε συσχέτιση της επίδοσης ($r = -0,68$) με την VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) πάνω στο δαπεδοεργόμετρο (Otto et al., 1985).

Σε μία έρευνα (Zhou, Robson, King & Davie, 1997), που εξέτασε τη σχέση επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων για δοκιμασίες $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε κυκλοεργόμετρο και σε δαπεδοεργόμετρο με την επίδοση δέκα ανδρών τριαθλητών σε ένα τρίαθλο (1000 m κολύμπι, 30 km ποδηλασία, 8 km δρόμο), βρέθηκε ότι η $\text{VO}_{2\text{max}}$ στο κυκλοεργόμετρο είχε σημαντική συσχέτιση με τη συνολική επίδοση του τριάθλου ($r = -0,64$, $p \leq 0,05$) και η VO_2 στο VT με την επίδοση στο δρομικό σκέλος του τριάθλου ($r = -0,77$, $p \leq 0,05$). Η $\text{VO}_{2\text{max}}$ πάνω στο δαπεδοεργόμετρο ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) είχε συσχέτιση με την επίδοση στο δρομικό σκέλος ($r = -0,73$, $p \leq 0,05$). Δεν αναφέρθηκαν συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης στο κολυμβητικό σκέλος και των φυσιολογικών μεταβλητών που μετρήθηκαν στις εργαστηριακές δοκιμασίες ποδηλασίας και δρόμου.

Εκτός από την $\text{VO}_{2\text{max}}$ έχουν διερευνηθεί και άλλες μεταβλητές της μέγιστης αερόβιας ικανότητας που είναι ευκολότερο να μετρηθούν με λιγότερο δαπανηρό εξοπλισμό όπως η μέγιστη ισχύς (Wpeak) σε κυκλοεργόμετρο και η ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχεί στην $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($v\text{VO}_{2\text{max}}$). Στην περίπτωση των τριαθλητών έχει βρεθεί ότι οι Wpeak και $v\text{VO}_{2\text{max}}$ έχουν όχι μόνο την ικανότητα να προβλέπουν την επίδοση σε αγώνα τριάθλου αλλά και υψηλότερη ικανότητα από αυτήν της $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Millet et al., 2003; Millet & Bentley, 2004; Schabort et al., 2000; Zhou et al., 1997).

Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών Wpeak σε κυκλοεργόμετρο, της $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε κυκλοεργόμετρο, της μυικής δύναμης των σκελών και του χρόνου ποδηλασίας σε τρίαθλο Ολυμπιακής απόστασης εξετάσθηκε από τους Bentley και συνεργάτες (1998). Οι δέκα άνδρες δοκιμαζόμενοι τριαθλητές έκαναν δοκιμασία $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε κυκλοεργόμετρο, μια σειρά δοκιμασιών αξιολόγησης της μυικής δύναμης των σκελών, μία ποδηλατική δοκιμασία 6-sec και ένα τρίαθλο Ολυμπιακής απόστασης. Βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου του ποδηλατικού σκέλους του τριάθλου, της $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε απόλυτες τιμές και της Wpeak. Δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών από τη δοκιμασία της μυικής δύναμης και της κυκλοεργομέτρησης και του χρόνου ποδηλασίας.

Τα αποτελέσματα μίας έρευνας σε ΥΕ τριαθλητές ειδικευόμενους σε 2 διαφορετικές αποστάσεις τριάθλου, Ολυμπιακή ITU (η οποία περιλαμβάνει περίπου 1 ώρα ποδηλασίας με επιτρεπόμενο κολλητήριο και τα χαρακτηριστικά της ποδηλασίας είναι τυχαίες εκρήξεις πολύ υψηλής ισχύος αναμεμειγμένες με υπομέγιστες προσπάθειες) και Ironman (> 4 h ποδηλασία, χωρίς κολλητήριο στο ποδήλατο και με πιο ομοιόμορφη ένταση) έδειξαν ότι η συνολική επίδοση είχε συσχέτιση με την W_{peak} ($r = -0,71$) για τους τριαθλητές εκείνους που ειδικεύονταν στο Ολυμπιακό τρίαθλο και ($r = -0,81$) στο Ironman τρίαθλο, αντίστοιχα, ενώ η επίδοση στο ποδηλατικό σκέλος είχε συσχέτιση με την W_{peak} ($r = -0,83$) μόνο για τους ειδικευόμενους στο Ironman (Millet et al., 2003).

Σε μία άλλη μελέτη σε τριάντα ένα ΥΕ τριαθλητές (16 άνδρες και 15 γυναίκες, δύο ηλικιακών κατηγοριών, 1) νεαρών 18 έως 20 ετών και 2) άνω των 20 ετών, αναφέρεται ότι συγκεντρωτικά για όλες τις υποομάδες, ή επίδοση σε Ολυμπιακό τρίαθλο, όπου επιτρεπόταν το κολλητήριο στο ποδήλατο, είχε σημαντική συσχέτιση ($r = -0,80$) με την VO_{2max} πάνω σε δαπεδοεργόμετρο σε σχετικές τιμές και ($r = -0,85$) με την W_{peak} (W) σε κυκλοεργόμετρο. Την υψηλότερη συσχέτιση ($r = -0,92$) με το συνολικό χρόνο του τριάθλου είχε η ταχύτητα τρεξίματος V_{run} ($km \cdot h^{-1}$) ορισμένη ως η ταχύτητα κατά τη διάρκεια του δρομικού σκέλους 10 km ενός Ολυμπιακού τριάθλου (Millet & Bentley, 2004).

Κατά την εξέλιξη ενός αγώνα τριάθλου η συσσωρευμένη κόπωση από τα προηγούμενα αθλήματα πιθανόν να ελαττώνει την επίδραση της VO_{2max} του κάθε επί μέρους αθλήματος στην επίδοση (Sleivert & Wenger, 1993; Dengel et al., 1989; Rowland, 1989). Προσπαθώντας να ερευνήσουν την υπόθεση αυτή, μία ομάδα ερευνητών μέτρησαν την VO_{2max} σε έξι δοκιμαζόμενους τριαθλητές σε δύο συνθήκες, 1) χωρίς προηγούμενη άσκηση, και 2) μετά την ολοκλήρωση του κολυμβητικού (1500 m) και του ποδηλατικού σκέλους (32 km) ενός τριάθλου (De Vito et al., 1995). Βρέθηκε ότι στη 2^η συνθήκη η VO_{2max} ελαττώθηκε από 69 σε $64 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Η προβλεπτική ικανότητα της VO_{2max} για την εκτίμηση του δρομικού σκέλους του τριάθλου ήταν μεγαλύτερη κατά την πρώτη μέτρηση ($r = -0,86$) απ'ότι κατά τη δεύτερη ($r = -0,77$). Τα αποτελέσματα αυτά πιθανό να δείχνουν ότι ακόμα και η προηγούμενη κόπωση δεν κατόρθωσε να αλλοιώσει την

ασθενή συσχέτιση μεταξύ της VO_2max στα επί μέρους αθλήματα και της επίδοσης στο τρίαθλο για την περίπτωση ομοιογενών ομάδων τριαθλητών (Sleivert & Rowlands, 1996). Είναι γενικά παραδεκτό ότι για ομάδες αθλητών διαφορετικής δυναμικότητας, η VO_2max έχει υψηλή ικανότητα πρόβλεψης για την επίδοση, ενώ για ομοιογενείς ομάδες (παρόμοιες VO_2max) υπάρχουν άλλοι παράγοντες, όπως η ενεργειακή οικονομία ή το αναερόβιο κατώφλι (AK), που διαφοροποιούν τις επιδόσεις (O'Toole et al., 1989a; Coyle, 1995; Coyle et al., 1988).

Οι περισσότερες έρευνες εξετάζουν τρίαθλα Ολυμπιακής απόστασης, Half Ironman και Ironman, ενώ οι μελέτες για τρίαθλα μικρής διάρκειας (750 m κολύμβηση, 20 km ποδηλασία, 5 km τρέξιμο) είναι δυσεύρετες. Σε μία έρευνα με σκοπό να διερευνηθεί εάν η επίδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, με επιτρεπόμενο κολλητήριο στο ποδήλατο, θα μπορούσε να εκτιμηθεί με ακρίβεια από εργαστηριακές μετρήσεις φυσιολογικών παραμέτρων σε δοκιμασίες VO_2max πάνω σε δαπεδοεργόμετρο και σε κυκλοεργόμετρο (Van Schuylenbergh et al., 2004), βρέθηκε αρκετά υψηλή συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης στο τρίαθλο και της VO_2max ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) στο δαπεδοεργόμετρο ($r = -0,69$) και στο κυκλοεργόμετρο ($r = -0,71$). Αυτά τα ευρήματα συμφωνούν με εκείνα των (Miura et al., 1997; Zhou et al., 1997; Schabort et al., 2000), αλλά διαφωνούν με εκείνα των (Sleivert & Wenger, 1993). Καμμία από τις παραμέτρους της μέγιστης δοκιμασίας στο κυκλοεργόμετρο δεν είχε σημαντική προβλεπτική ικανότητα για την επίδοση στο τρίαθλο. Η εξήγηση αποδόθηκε στο ότι επιτρεπόταν το κολλητήριο στο ποδήλατο. Επειδή στο κολλητήριο, η ενεργειακή απαίτηση κατά το ποδηλατικό σκέλος είναι ελαττωμένη (συγκριτικά με το μη κολλητήριο) και το τρέξιμο που έπεται γίνεται πιο σημαντικό, είναι αναμενόμενο ότι οι φυσιολογικές μεταβλητές από μέγιστη δοκιμασία σε κυκλοεργόμετρο θα έχουν μικρότερη ικανότητα εξήγησης της επίδοσης της ποδηλασίας κατά τη διάρκεια του αγώνα τρίαθλου. Αυτό είναι σε συμφωνία με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Hausswirth et al., 1999; Hausswirth et al., 2001).

Η διερεύνηση μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων και της επίδοσης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας ήταν ο σκοπός μίας πρόσφατης μελέτης, όπου επτά

μεσαίου επιπέδου τριαθλητές έκαναν δοκιμασίες $\text{VO}_{2\text{max}}$ με τυχαία σειρά σε κυκλοεργόμετρο και σε δαπεδοεργόμετρο (Taylor, Smith & Vleck, 2011). Κατόπιν, ολοκλήρωσαν μία προσομοίωση τριάθλου μικρής διάρκειας (750 m κολύμπι, 500 kJ ποδηλασία, 5 km τρέξιμο) στο εργαστήριο. Δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της συνολικής επίδοσης και των παραμέτρων από τις εργομετρήσεις. Όμως βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης στο δρομικό σκέλος και των εξής παραμέτρων: 1) $\text{vVO}_{2\text{max}}$ ($r = -0,900$), 2) της ταχύτητας τρεξίματος στα 4 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{v}4\text{mmol}$ ($r = -0,822$) και 3) της W_{peak} ($r = -0,844$) στην ποδηλασία. Η συνολική επίδοση είχε υψηλή συσχέτιση με το χρόνο του ποδηλατικού σκέλους ($r = 0,930$) και την μέση ισχύ κατά το ποδηλατικό σκέλος ($r = -0,956$). Δεν βρέθηκε καμμία συσχέτιση μεταξύ της συνολικής επίδοσης και του χρόνου κολύμβησης ή του χρόνου τρεξίματος. Φαίνεται ότι για προσομοιωμένο τρίαθλο στο εργαστήριο και για τριαθλητές μεσαίου επιπέδου (όχι YT) η επίδραση της ποδηλασίας στην τελική επίδοση είναι πιο σημαντική από ότι αυτή του κολυμπιού ή του τρεξίματος. Γι' αυτή την κατηγορία τριαθλητών, οι ερευνητές πρότειναν να γίνει αξιολόγηση της ποδηλατικής ικανότητας των αθλητών με μία AX αντί για τις συνηθισμένες εργαστηριακές μετρήσεις προοδευτικά αυξανόμενης έντασης. Με το τρόπο αυτό η αξιολόγηση θα είναι πιο αντιπροσωπευτική των απαιτήσεων σε ένα πραγματικό αγώνα τρίαθλου.

Συμπερασματικά, παρόλο που η $\text{VO}_{2\text{max}}$ είναι σημαντικός παράγοντας και έχει υψηλή συσχέτιση με την επίδοση σε αγώνες κολύμβησης, δρόμου και ποδηλασίας, για το τρίαθλο δεν είναι παρά μόνο ένας από τους παράγοντες επιτυχίας και οι συσχετίσεις της με την επίδοση είναι μικρότερες. Πιθανές εξηγήσεις που έχουν προταθεί από προηγούμενους ερευνητές είναι ότι οι τριαθλητές σε έναν πραγματικό αγώνα δεν είναι υποχρεωμένοι να κινητοποιήσουν ολόκληρη την αερόβια ισχύ τους σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, όπως σε μία δοκιμασία $\text{VO}_{2\text{max}}$, αλλά πρέπει να αντέξουν σε μία υπομέγιστη ένταση για μακρόχρονα διαστήματα (O'Toole et al., 1989a). Επιπλέον, η διαχείριση αυτής της υπομέγιστης έντασης πρέπει να γίνει με βέλτιστο τρόπο παρά την συχνά αρνητική επίδραση εξωτερικών παραγόντων

θερμοκρασίας και υγρασίας στις καρδιοαναπνευστικές, αιμοδυναμικές και θερμορυθμιστικές αποκρίσεις σε παρατεταμένη άσκηση. Συνεπώς, πέρα από μία ελάχιστη απαιτούμενη τιμή της VO_2max , μπορεί και άλλες μεταβλητές όπως υπομέγιστες παράμετροι της επίδοσης και η ενεργειακή οικονομία να έχουν σημαντική επίδραση στην επίδοση. Τα παραπάνω συμπεράσματα αφορούν μελέτες σε αποστάσεις τριάθλου από Ολυμπιακή και άνω (διάρκεια > 2 h). Επειδή δεν υπάρχουν αντίστοιχες μελέτες για τρίαθλα μικρής διάρκειας, δεν είναι γνωστό εάν ισχύουν και για τρίαθλα μικρής διάρκειας, τα οποία έχουν διαφορετικές φυσιολογικές απαιτήσεις λόγω της μικρότερης τους διάρκειας (1 h).

2.5. Υπομέγιστες τιμές της αερόβιας ικανότητας, αναερόβιο κατώφλι

Παρ'όλο που η VO_2max εκφράζει το μέγιστο όριο της αερόβιας ικανότητας, έχουν προταθεί και άλλες φυσιολογικές παράμετροι μετρημένες σε υπομέγιστη ένταση που μπορεί να προβλέπουν την επίδοση καλύτερα από τη VO_2max (Costill et al., 1973; Coyle et al., 1988). Τέτοιες μεταβλητές είναι το Αναερόβιο κατώφλι (AK), η ενεργειακή οικονομία και το % ποσοστό αξιοποίησης της VO_2max κατά την αγωνιστική προσπάθεια.

Το % ποσοστό της VO_2max που μπορεί να διατηρηθεί για αγωνιστικές προσπάθειες μεγάλης διάρκειας έχει συσχετισθεί με το AK. Ως αναερόβιο κατώφλι ορίζεται η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνει ο οργανισμός κατά την άσκηση, πριν αρχίσει η συστηματική συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (Κλεισούρας, 2011). Για τον προσδιορισμό του έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι και προσεγγίσεις, όπως το γαλακτικό κατώφλι (LT), το αναπνευστικό κατώφλι (VT), και το κατώφλι καρδιακής συχνότητας (KK). Το LT αντιστοιχεί στο σημείο καμψής της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα, όπου ή εισροή του υπερβαίνει την εκροή του, κατά την κλιμακούμενη προσπάθεια (Brooks, 1985). Όμως είναι δύσκολο να συγκριθούν τα LT διαφόρων αθλητών γιατί οι έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει διαφορετικές μεθόδους για τον εντοπισμό του.

Το VT είναι μία άλλη παράμετρος υπομέγιστης έντασης που χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της εμφάνισης της μεταβολικής οξέωσης (onset of metabolic acidosis, OMA, onset of blood lactate accumulation, OBLA, onset of plasma lactate accumulation, OPLA) γιατί έχει το πλεονέκτημα

ότι είναι αναίμακτη και σχετίζεται με το LT (Zacharogiannis & Farrally, 1993). Το VT προσδιορίζεται ως η κατανάλωση οξυγόνου ή η ένταση όπου ο πνευμονικός αερισμός (VE) αρχίζει να αυξάνει μη γραμμικά. Μερικά από τα συνηθισμένα κριτήρια προσδιορισμού του VT είναι: (1) η συστηματική αύξηση του VE/VO_2 (2) η μη γραμμική αύξηση του VCO_2 και (3) η συστηματική ελάττωση του $FECO_2$.

Το κατώφλι καρδιακής συχνότητας (καρδιακό κατώφλι, KK) είναι μία άλλη αναίμακτη μέθοδος προσδιορισμού του OMA σύμφωνα με την οποία η δρομική ταχύτητα στο σημείο απόκλισης της καρδιακής συχνότητας από τη γραμμικότητα αντιστοιχεί στο AK. Έχει βρεθεί ότι το KK έχει πολύ υψηλή συσχέτιση με την επίδοση σε δρόμους αντοχής διαφόρων αποστάσεων (Conconi, et al., 1982). Πολλοί ερευνητές έχουν αμφισβητήσει την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της δοκιμασίας Conconi. Σε μία τέτοια έρευνα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για καλά προπονημένους δρομείς 3000 m το KK συνέβαινε σε συστηματικά υψηλότερες τιμές της VO_2 από το VT και ότι η επίδοση είχε υψηλή συσχέτιση με την ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχεί στο VT και στο KK (Zacharogiannis & Farrally, 1993).

2.5.1. Κολύμβηση

Δεν υπάρχουν πολλές μελέτες που να εξετάζουν τη σχέση ανάμεσα στο AK και την επίδοση στην κολύμβηση. Όμως πολλοί προπονητές χρησιμοποιούν μεταβλητές που έχουν υψηλή συσχέτιση με το AK, για να καθορίσουν την ένταση της προπόνησης. Παραδείγματα τέτοιων μεταβλητών είναι η κριτική ταχύτητα κολύμβησης, V_{crit} και η κριτική συχνότητα χεριάς.

Η V_{crit} ερευνήθηκε από τους Wakayoshi και συνεργάτες (1992) σε κολυμβητές και προτάθηκε σαν μία αναίμακτη μέθοδος προσδιορισμού της επίδοσης σε 400 m κολύμβηση. Οι παραπάνω ερευνητές δημοσίευσαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της V_{crit} και της VO_2 στο AK ($r = 0,818$), μεταξύ της V_{crit} και της VO_2 στο σημείο που αντιστοιχούσε στην αρχή της συσσώρευσης του γαλακτικού στο αίμα ($r = 0,949$) και μεταξύ της V_{crit} και της μέσης ταχύτητας (V_{400}) σε 400m κολύμβησης ($r = 0,865$). Επίσης βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης (V_{400}) και της VO_2 στο AK ($r = 0,750$) και μεταξύ της V_{400}

και της VO_2 στο σημείο αρχής της συσσώρευσης του γαλακτικού στο αίμα ($r = 0,763$).

Η δοκιμασία κολύμβησης 30 λεπτών που αναπτύχθηκε από τους Olbrecht και συνεργάτες (1985) αποτελεί έναν ακόμα τρόπο αξιολόγησης της αερόβιας ικανότητας κολυμβητών. Η μέγιστη σταθερή ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί κατά τη δοκιμασία αυτή (V_{30}) έχει στενή σχέση με την ταχύτητα στο ΑΚ και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τον σχεδιασμό προπονητικών προγραμμάτων (Dekerle et al., 2002; Wakayoshi et al., 1992). Σε μία μελέτη της εξέλιξης της αερόβιας ικανότητας Αυστραλών κολυμβητών κατά τη διάρκεια του ετήσιου προπονητικού κύκλου όπου χρησιμοποιήθηκε η ταχύτητα στο ΑΚ σαν δείκτης της αερόβιας αντοχής, βρέθηκε ότι η ταχύτητα στο ΑΚ βελτιώθηκε κατά τη διάρκεια του κύκλου και επίσης είχε σημαντική συσχέτιση με τη επίδοση σε δοκιμασία 200 m κολύμβησης ($r = 0,75$) (Pyne et al., 2001).

2.5.2. Ποδηλασία

Στην έρευνα των Bentley και συνεργατών (2001) σε ποδηλάτες εξετάστηκε η σχέση μεταξύ του LT εκφρασμένου με διάφορες μεταβλητές (ισχύς στο γαλακτικό κατώφλι W_{LTlog} , ισχύς που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol.L^{-1} W_{OBLA} , ισχύς στο γαλακτικό κατώφλι με τη μέθοδο D_{max}) και της επίδοσης, εκφρασμένης ως τη μέση ισχύ σε AX20 λεπτών ποδηλασίας (W_{20-min}) και AX90 λεπτών (W_{90-min}). Η επίδοση στο AX90 είχε σημαντική συσχέτιση με την W_{LTlog} ($r = 0,91$) και το D_{max} ($r = 0,77$), ενώ η επίδοση στο AX20 είχε σημαντική συσχέτιση με το W_{LTlog} ($r = 0,67$). Το W_{OBLA} δεν είχε συσχέτιση με το AX20 ($r = 0,54$) ούτε με το AX90 ($r = 0,23$). Η ερμηνεία των ερευνητών για την διαφορετική συσχέτιση της ισχύος στο LT με την επίδοση στις δύο AX διαφορετικής διάρκειας ήταν ότι, για μικρότερης διάρκειας αγώνες υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση εκτός από την ικανότητα για καθυστέρηση της συσσώρευσης γαλακτικού στον οργανισμό.

Στην έρευνα των Coyle και συνεργατών, (1991) σε 9 ποδηλάτες ΥΕ και 6 ποδηλάτες μεσαίου επιπέδου (ME), βρέθηκε ότι η επίδοση σε AX40 km ποδηλασίας είχε υψηλή συσχέτιση με τη μέγιστη μέση ισχύ σε δοκιμασία 1 ώρας πάνω σε κυκλοεργόμετρο ($r = -0,88$). Επίσης, η ισχύς στην παραπάνω δοκιμασία

1 ώρας σχετιζόταν σημαντικά με την VO_2 που αντιστοιχούσε στο LT ($r = 0,93$). Παρόλο που οι ποδηλάτες YE δεν είχαν διαφορές από τους ποδηλάτες ME ως προς την $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) ή την άλιπη σωματική μάζα, οι YE παρήγαγαν 11% περισσότερη ισχύ κατά τη δοκιμασία 1 ώρας απ'ότι οι ME και ολοκλήρωσαν το AX40 km με 10% υψηλότερη ταχύτητα (54 min vs 60 min). Η υψηλότερη ισχύς επιτεύχθηκε κυρίως λόγω της μεγαλύτερης μέγιστης κάθετης δύναμης και της μεγαλύτερης ροπής στη φάση της κάτωθεν ώθησης των πεταλιών (downstroke) και όχι τόσο από την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής δύναμης στα πετάλια. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσοστό μυικών ινών τύπου I και κατά 23% υψηλότερη πυκνότητα τριχοειδών των YE συγκριτικά με τους ME.

Στην έρευνα του Loat (1991) έγινε σύγκριση μεταξύ του VT και του LT σε 8 έμπειρους δρομείς και μελετήθηκαν οι φυσιολογικές αποκρίσεις για δοκιμασία 60 min σε κυκλοεργόμετρο με σταθερή ένταση που αντιστοιχούσε σε καθένα από τα δύο κατώφλια. Βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ($\text{LT} > \text{VT}$) στις μεταβλητές VO_2 , ExCO_2 , καρδιακή συχνότητα (ΚΣ), συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα [La] και στο έργο που παρήχθει (workload) μεταξύ των εντάσεων που αντιστοιχούν στα δύο κατώφλια. Επειδή οι περισσότεροι δοκιμαζόμενοι δεν κατόρθωσαν να ολοκληρώσουν τη δοκιμασία 60 min στο LT, φάνηκε ότι το LT υπερπροβλέπει την ικανότητα παραγωγής έργου για παραπάνω από 45 min στην ένταση αυτή, ενώ σε ένταση που αντιστοιχούσε στο VT μπορούσε να επιτευχθεί σταθερό έργο για διάρκεια μεγαλύτερη από 60 λεπτά.

Σε μία μελέτη της συσχέτισης της επίδοσης σε ποδηλασία AX15 km, με το VT και την $\text{VO}_{2\text{max}}$ σε $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Miller et al., 1985) βρέθηκε ότι το VT εκφρασμένο σε $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ($r = -0,93$), σε l.min^{-1} ($r = -0,77$) και σαν % ποσοστό της $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($r = -0,83$), ήταν καλύτερη προβλέπουσα της επίδοσης από την $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($r = -0,68$).

Γιά να απαντήσουν στο ερώτημα εάν σε ποδηλάτες με την ίδια $\text{VO}_{2\text{max}}$ αλλά διαφορετικές επιδόσεις, οι διαφορές μπορούν να εξηγηθούν από παραμέτρους όπως η VO_2 που αντιστοιχεί στο γαλακτικό κατώφλι, η αξιοποίηση του γλυκογόνου σε υπομέγιστη ένταση, η πυκνότητα των τριχοειδών, ο τύπος των

μυικών ινών και η ενζυματική δραστηριότητα των μιτοχονδρίων οι Coyle και συνεργάτες (1988) εξέτασαν δεκατέσσερις καλά προπονημένους ποδηλάτες που είχαν παρόμοιες υψηλές τιμές της VO_2max ($68,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) διέφεραν όμως σημαντικά στην επίδοση. Οι ποδηλάτες χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες ομάδες, χαμηλής επίδοσης (X) και υψηλής (Y) επίδοσης, όπου η επίδοση ορίστηκε ως ο χρόνος μέχρι την εξάντληση ποδηλατώντας μέ ένταση που αντιστοιχούσε στο 88% της VO_2max . Βρέθηκε ότι για ένταση στο 88% της VO_2max , η ομάδα Y ποδηλατούσε μόλις 8% πάνω από το LT ενώ η ομάδα X (σε πιο κουραστικό) 34% πάνω από το LT τους. Κατά συνέπεια η ομάδα Y άντεξε πάνω από διπλάσιο χρόνο έως την εξάντληση ($60,8 \pm 3,1 \text{ min}$) συγκριτικά με την ομάδα X ($29,1 \pm 5,0 \text{ min}$). Στο σημείο εξάντλησης, η συγκέντρωση γαλακτικού για τους ποδηλάτες της ομάδας Y ήταν $7,4 \pm 0,7 \text{ mmol.L}^{-1}$ ενώ ήταν σχεδόν διπλάσια για την ομάδα X ($14,7 \pm 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$). Οι παραπάνω ερευνητές ανέφεραν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης και του % της VO_2max στο LT ($r = 0,90$).

Σε μία έρευνα που σύγκρινε την ποδηλατική ικανότητα ανάμεσα σε 25 YE ποδηλάτες και 18 YE τριαθλητές (Laursen et al., 2003) με τις ίδιες VO_2max και Wpeak μεταξύ των δύο ομάδων, εξετάσθηκε η επίδοση σε AX40 km ποδηλασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ποδηλάτες ($56:18 \pm 2:31 \text{ min:s}$) είχαν σημαντικά χαμηλότερους χρόνους στην AX από τους τριαθλητές ($58:57 \pm 3:06 \text{ min:s}$) και η εξήγηση αποδόθηκε, αφενός στο σημαντικά υψηλότερο VT και αφετέρου στο σημαντικά μεγαλύτερο χρόνο προπόνησης στην ποδηλασία των ποδηλατών έναντι των τριαθλητών (παρ'όλο που δεν υπήρχαν διαφορές στο συνολικό χρόνο προπόνησης).

2.5.3. Τρέξιμο

Προηγούμενες έρευνες έχουν αναφέρει υψηλή συσχέτιση μεταξύ του AK και της επίδοσης σε αγώνες δρόμου διαφόρων αποστάσεων από 3,2 έως 42,2 km (Rhodes & McKenzie, 1984, Farrell et al., 1979; Costill et al., 1973; Sjodin & Svedenhag, 1985; Conconi et al., 1982). Σε μία μελέτη σε 18 δρομείς αντοχής (Farrell et al., 1979), εξετάσθηκε το LT (OPLA) και άλλες μεταβλητές που πιθανόν να προβλέπουν την επίδοση σε αγώνες δρόμου αποστάσεων από 3,2 έως 42,2 km. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι ανάμεσα στις παραμέτρους που από μόνες

τους μπορούσαν να προβλέψουν την επίδοση, η ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο LT είχε την υψηλότερη ικανότητα (από $r = 0,91$ έως $r = 0,98$ για τις διάφορες αποστάσεις). Τα ευρήματα τους παρουσίασαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ της VO_2 ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) που αντιστοιχούσε στο LT και της επίδοσης (από $r = 0,85$ έως $r = 0,91$). Οι Tanaka και συνεργάτες (1981) παρουσίασαν αποτελέσματα όπου το AK σε $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ είχε υψηλότερους συντελεστές συσχέτισης με την επίδοση σε δρόμο απόστασης ενός, δύο και τριών μιλίων ($r = -0,716$, $-0,855$ και $-0,896$ αντίστοιχα) από ότι η $\text{VO}_{2\text{max}}$ και από μόνο του μπορούσε να εξηγήσει το 80% της διασποράς στην επίδοση σε δρόμο 3 μιλίων. Το AK ήταν επίσης η σημαντικότερη προβλέπουσα παράμετρος της επίδοσης σε δρόμο 3 μιλίων. Με τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν και τα αποτελέσματα της έρευνας των Yoshida, και των συνεργατών του (1987) που βρήκαν ότι το LT ($r = 0,84$) ήταν καλύτερη προβλέπουσα της επίδοσης σε δοκιμασία δρόμου 12 λεπτών από ότι η $\text{VO}_{2\text{max}}$. ($r = 0,62$).

Οι Rhodes και McKenzie (1984) ερεύνησαν το VT ως αναίμακτη μέθοδο πρόβλεψης της επίδοσης σε Μαραθώνιο δρόμο και ανέφεραν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της πραγματικής τιμής της επίδοσης και της πρόβλεψης βασισμένης στην ταχύτητα στο VT ($r = 0,94$).

Οι Conconi και συνεργάτες (1982) εξέτασαν το κατώφλι ΚΣ και βρήκαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας που αντιστοιχούσε στο AK και της επίδοσης ως τη μέση δρομική ταχύτητα σε δρόμο 5000 m ($r = 0,93$), σε μαραθώνιο δρόμο ($r = 0,95$) και σε δρόμο 1 ώρας ($r = 0,99$).

2.5.4. Τρίαθλο

Στο τρίαθλο τα % ποσοστά της $\text{VO}_{2\text{max}}$ που αντιστοιχούν στο VT και στο LT συνήθως είναι διαφορετικά για την κολύμβηση, την ποδηλασία και το τρέξιμο, γιατί στο καθένα από τα παραπάνω αθλήματα ενεργοποιούνται διαφορετικές ποσότητες μυικής μάζας. Υπάρχει η θεωρία ότι η ποσότητα της μυικής μάζας που χρησιμοποιείται κατά την άσκηση καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το % ποσοστό της $\text{VO}_{2\text{max}}$ που αντιστοιχεί στο AK. Προηγούμενες έρευνες παρουσίασαν τιμές του VT για τριαθλητές της τάξεως του 72 έως 75% της $\text{VO}_{2\text{max}}$ στην κολύμβηση, 61 έως 82% της $\text{VO}_{2\text{max}}$ πάνω σε κυκλοεργόμετρο

και 74 έως 85% VO_2max πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (De Vito et al., 1995; Schneider & Pollack, 1991; Sleivert & Wenger, 1993; O'Toole et al., 1989b). Αντίστοιχα, για το LT αναφέρονται τιμές περίπου 72 έως 88% της VO_2max πάνω σε κυκλοεργόμετρο και 80 έως 85% της VO_2max πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (Kohrt et al., 1989; O'Toole et al., 1989b). Αυτές οι τιμές είναι παρόμοιες ή λίγο χαμηλότερες από εκείνες των αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων (Withers et al., 1981; Sleivert & Rowlands, 1996; O'Toole et al., 1989b). Οι προσαρμογές από την προπόνηση στην πυκνότητα των τριχοειδών, στο μέγεθος και στον αριθμό των μιτοχονδρίων και στο επίπεδο των διαφόρων ενζύμων βελτιώνουν τον αερόβιο μεταβολισμό και θεωρητικά μπορεί να αυξήσουν τα ως άνω ποσοστά.

Οι Kohrt και συνεργάτες (1989) βρήκαν αύξηση 6% στο ποδηλατικό LT και 10% στο δρομικό LT κατά τη διάρκεια της προπονητικής περιόδου χωρίς αύξηση της VO_2max . Αυτό δείχνει ότι πιθανόν η βελτίωση των τριαθλητών κατά τη διάρκεια της περιόδου να εξαρτάται εν μέρει από την ικανότητα τους να χρησιμοποιούν μεγαλύτερο % ποσοστό της VO_2max . Οι ως άνω ερευνητές ανέφεραν ότι το LT μπορούσε να εξηγήσει το 67% ($r = -0,82$) της διασποράς στο δρομικό σκέλος και 52% ($r = -0,72$) στο ποδηλατικό σκέλος σε ένα Half Ironman τρίαθλο.

Στην έρευνα των Sleivert και Wenger, (1993) σε ένα τρίαθλο (1 km κολύμβηση, 30 km ποδηλασία, 9 km δρόμο), όπου 25 τριαθλητές (δεκαοκτώ άνδρες και επτά γυναίκες) έκαναν δοκιμασίες προσδιορισμού της VO_2max και του VT για κολύμπι, ποδήλατο, τρέξιμο. Φανερώθηκε ότι ο χρόνος του τρεξίματος στο τρίαθλο είχε σημαντική συσχέτιση με την δρομική ταχύτητα στο VT για τις γυναίκες ($r = -0,88$) και τους άνδρες ($r = -0,73$). Ο χρόνος της κολύμβησης είχε σημαντική συσχέτιση με τη δύναμη αντίστασης στο VT (στην προσδεδεμένη κολύμβηση) για τις γυναίκες ($r = -0,81$). Η ταχύτητα τρεξίματος στο VT είχε σημαντική συσχέτιση με το συνολικό χρόνο του τριάθλου στις γυναίκες ($r = -0,89$) και στους άνδρες ($r = -0,78$). Επειδή το επίπεδο των δοκιμαζομένων ήταν περισσότερο ερασιτεχνικό παρά ΥΕ η ανομοιογένεια της ομάδας πιθανό να οδήγησε σε υπερβολικά αυξημένες συσχετίσεις. Η ομάδα των De Vito και συνεργατών (1995) επίσης βρήκε συσχετίσεις μεταξύ της

κατανάλωσης οξυγόνου στο VT και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος Ολυμπιακού τριάθλου ($r = -0,79$) και η συσχέτιση αυτή ήταν ακόμα μεγαλύτερη όταν το VT μετρήθηκε για δεύτερη φορά, ύστερα από την ολοκλήρωση του κολυμβητικού και του ποδηλατικού σκέλους του τριάθλου ($r = -0,85$).

Ο Langill (1993) διερεύνησε το ερώτημα εάν η επίδοση σε ένα τριάθλο Ironman μπορεί να προβλεφθεί από τις τιμές του VT από ξεχωριστές δοκιμασίες σε κολύμβηση, ποδηλασία και τρέξιμο. Με βάση την ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο VT σε καθένα από τα τρία αθλήματα, υπολογίστηκαν οι προβλεπόμενες επιδόσεις στο κολυμβητικό, ποδηλατικό και δρομικό κομμάτι του τριάθλου. Οι συσχετίσεις μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών και των πραγματικών τιμών των επιδόσεων στα επί μέρους σκέλη κολύμβησης, ποδηλασίας, και δρόμου ήταν $r = 0,83$, $0,70$ και $0,76$ και δόθηκαν εξισώσεις παλινδρόμησης ανάμεσα στις προβλεπόμενες επιδόσεις και στις πραγματικές επιδόσεις. Η συνολική επίδοση είχε συσχέτιση $r = 0,89$ με τον συνδυασμό των τριών επιδόσεων στα επί μέρους σκέλη. Επομένως τα τρία VT από τα τρία αθλήματα, από κοινού μπορούσαν να εξηγήσουν το 78% της διασποράς στο συνολικό χρόνο ενός τριάθλου Ironman. Η λιγότερο από την αναμενόμενη προβλεπτική δύναμη του VT ερμηνεύθηκε από την πιθανή επίδραση και διαφόρων άλλων παραγόντων όπως η κόπωση, η αφυδάτωση, η ζέστη, η υγρασία και το προφίλ της διαδρομής του αγώνα.

Στην έρευνα του Hue (2003) βρέθηκε ότι η επίδοση σε Ολυμπιακό τριάθλο (με κολλητήρι στο ποδήλατο) μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια από τις παρακάτω δύο μεταβλητές 1) την διανυθείσα απόσταση τρεξίματος σε δοκιμασία 20 λεπτά τρεξίματος ύστερα από 30 λεπτά ποδηλασίας ($r = -0,92$), και 2) τη συγκέντρωση γαλακτικού στο τέλος του ποδηλατικού σκέλους ($r = 0,83$).

Σχετικά με το καρδιακό κατώφλι, ενδεικτική είναι μία μελέτη που εξέτασε την ένταση στο ποδηλατικό σκέλος του IM του Καναδά (Laursen, Rhodes, Langill, McKenzie & Taunton, 2002) και βρήκε ότι η μέση ισχύς που κατάφεραν να διατηρήσουν οι τριαθλητές στον αγώνα ήταν σημαντικά χαμηλότερη από την ισχύ που αντιστοιχούσε στο AK τους, από δοκιμασία σε κυκλοεργόμετρο. Όμως φάνηκε ότι η ΚΣ κατά τον αγώνα (που μετρήθηκε στο 84,6% της ΚΣmax) είχε σημαντική συσχέτιση με την ΚΣ στο AK ($r = 0,866$). Προηγούμενοι ερευνητές

(Roalstad, Crosbby, O'Toole, Zigler, Grotke & Hiller, 1987; O'Toole et al., 1987a), ανέφεραν ότι το ποδηλατικό σκέλος του Ironman της Χαβάης οι τριαθλητές χρησιμοποιούσαν το 75% της KΣmax τους το οποίο οι O'Toole και συνεργάτες (1987a) παρατήρησαν ότι αντιστοιχούσε στο AK, εξ ου και η ιδέα ότι η ποδηλασία σε απόσταση Ironman πιθανόν να γίνεται σε ένταση που αντιστοιχεί στο AK.

Σε μία έρευνα σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, οι N=10 δοκιμαζόμενοι, μεσαία προπονημένοι φοιτητές σωματικής αγωγής, έκαναν δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση σε κυκλοεργόμετρο και σε δαπεδοεργόμετρο και κατόπιν 2 έως 3 υπομέγιστες δοκιμασίες διάρκειας 30 λεπτών σε κάθε ένα από τα τρία αθλήματα (κολύμπι, ποδήλατο, τρέξιμο) αρχικά σε ένταση που αντιστοιχούσε σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/l και κατόπιν σε ένταση που ρυθμίστηκε προς τα πάνω ή προς τα κάτω έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη σταθεροποιημένη συγκέντρωση γαλακτικού (maximal lactate steady state, MLSS) σε κάθε άθλημα. 2 εβδομάδες μετά τις μετρήσεις οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε ένα τρίαθλο μικρής διάρκειας με μέση τιμή χρόνου τερματισμού 1:04:45, όπου επιτρεπόταν το κολλητήριο στο ποδηλατικό σκέλος. Τα αποτελέσματα ύστερα από σταδιακή πολλαπλή παλινδρόμηση με το χρόνο τερματισμού ως την εξαρτημένη μεταβλητή και όλες τις φυσιολογικές παραμέτρους από τόσο τις μέγιστες όσο και τις υπομέγιστες δοκιμασίες ως τις ανεξάρτητες μεταβλητές, έδειξαν ότι η πιο σημαντική προβλέπουσα της επίδοσης στο τρίαθλο ήταν η ταχύτητα τρεξίματος στο MLSS ($r^2 = 0,68$). Όταν στο μοντέλο πρόβλεψης προστέθηκε και η ταχύτητα κολύμβησης στο MLSS σε συνδυασμό με την συγκέντρωση γαλακτικού κατά τη διάρκεια του τρεξίματος σε MLSS, οι παραπάνω 3 μεταβλητές από κοινού εξηγούσαν το 98% της διασποράς ($r^2 = 0,98$) στην επίδοση του τρίαθλου. Όταν για την εξίσωση πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκαν μόνο παράμετροι από τις μέγιστες δοκιμασίες, βρέθηκε ότι η VO_2 που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/L κατά την κυκλοεργομέτρηση ήταν η πιο σημαντική προβλέπουσα παράμετρος και μαζί με την μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού κατά την δαπεδοεργομέτρηση μπόρεσαν

να εξηγήσουν το 77% της διασποράς ($r^2 = 0,77$) της επίδοσης στο τρίαθλο (Van Schuylenbergh et al., 2004).

Άλλες μελέτες δεν μπόρεσαν να βρουν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης σε Ολυμπιακό τρίαθλο και του VT εκφρασμένο σαν % της VO_{2max} κατά τη δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο (Zhou et al., 1997). Σε μία προγενέστερη έρευνα σε απόσταση Ironman οι ερευνητές εξέτασαν 27 τριαθλητές δυο εβδομάδες πριν τον αγώνα. Έκαναν δοκιμασία VO_{2max} σε κυκλοεργόμετρο για τον προσδιορισμό διαφόρων φάσεων του AK εκφρασμένο σαν % της VO_{2max} στα σημεία VT, και γαλακτικό κατώφλι στα 2 και 4 mmol.l⁻¹. Καμμία από τις τιμές στα παραπάνω τρία σημεία του AK δεν είχε σημαντική συσχέτιση ($r = -0,58, -0,37$ και $-0,26$) με την επίδοση στο ποδηλατικό σκέλος του αγώνα (O'Toole, Douglas & Hiller, 1989b).

2.6. Υπομέγιστες τιμές της αερόβιας ικανότητας, ενεργειακή οικονομία

Η ενεργειακή οικονομία παίζει καθοριστικό ρόλο για όλους τους αθλητές αντοχής και μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας συντελεστής απόδοσης μεταξύ της ενέργειας που καταναλώνεται και της ωφέλιμης ενέργειας που αποδίδεται σαν μηχανικό έργο. Προηγούμενες μελέτες αναφέρουν ότι για τον άνθρωπο, ο συντελεστής μηχανικής απόδοσης κυμαίνεται από 20 έως 30% για το τρέξιμο και την ποδηλασία, ενώ για την κολύμβηση μόλις από 5 έως 9,5% (O'Toole & Douglas, 1995). Η ενεργειακή οικονομία σχετίζεται με την ικανότητα του αθλητή να καταναλώνει το μικρότερο ποσοστό της VO_{2max} για ένα δεδομένο υπομέγιστο φορτίο (π.χ. ταχύτητα στο τρέξιμο ή στην κολύμβηση, ισχύς στην ποδηλασία) (Laursen & Rhodes, 2001). Εναλλακτικά, για μία δεδομένη υπομέγιστη ταχύτητα κολύμβησης, ποδηλασίας ή δρόμου, ο οικονομικότερος αθλητής είναι αυτός που έχει την χαμηλότερη κατανάλωση οξυγόνου. Παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν την οικονομία της κίνησης είναι το επίπεδο τεχνικής του αθλητή, βιομηχανικοί παράγοντες του εξοπλισμού (ποδήλατο, στολή κολύμβησης) αλλά και εξωτερικοί παράγοντες όπως το υψομετρικό προφίλ του αγώνα ή οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Όσο πιο τεχνικά δύσκολο είναι ένα άθλημα τόσο σημαντικότερη γίνεται η επίδραση της ενεργειακής οικονομίας στην επίδοση, π.χ. στο κολύμπι.

Για έναν τριαθλητή είναι πολύ σημαντικό μέσω των προσαρμογών να έχει συνηθίσει να διατηρεί υψηλά επίπεδα αποδοτικότητας για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Παρόλο που η ενεργειακή οικονομία είναι σημαντικός παράγων της επιτυχίας για αθλήματα αντοχής, οι περισσότερες μελέτες έχουν γίνει για το τρέξιμο και πολύ λιγότερες για το κολύμπι, την ποδηλασία και το τρίαθλο.

2.6.1. Κολύμβηση

Η ενεργειακή οικονομία στην κολύμβηση, σχετίζεται με όλους τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τις δυνάμεις αντίστασης σε ένα κινούμενο κολυμβητή μέσα στο νερό (θέση κεφαλιού, ισορροπία και αλλαγή της στάσης του σώματος κατά την αναπνοή, κινήσεις του κεφαλιού, των χεριών, των ποδιών και του σώματος, τεχνική της χεριάς, είδος της επιφάνειας του σώματος) (Di Prampero, Pendergast, Wilson & Rennie, 1974). Η οικονομική χρήση της ενέργειας, που εκφράζεται με υψηλή αποδοτικότητα και υψηλή τεχνική, έχει σημαντική επίδραση στην κολυμβητική ταχύτητα και την επίδοση σε έναν αγώνα κολύμβησης αντοχής (Holmer, 1974).

Ο Toussaint (1990) σύγκρινε την αποδοτικότητα προώθησης ανάμεσα σε κολυμβητές και τριαθλητές και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ενώ δεν υπήρχαν διαφορές ως προς την γενική απόδοση (τον μετασχηματισμό της μεταβολικής ισχύος σε μηχανική ισχύ), τη συχνότητα χεριάς και την ενέργεια ανά χεριά, εν τούτοις οι κολυμβητές είχαν υψηλότερη μέση ταχύτητα κολύμβησης ($1,17 \text{ m.s}^{-1}$) από τους τριαθλητές ($0,95 \text{ m.s}^{-1}$). Οι γρηγορότεροι κολυμβητές διέφεραν από τους αργότερους (τριαθλητές) αφενός επειδή είχαν μεγαλύτερο μήκος χεριάς ($1,23 \text{ m}$ vs $0,92 \text{ m}$), αφετέρου επειδή χρησιμοποιούσαν μεγαλύτερο ποσοστό της αποδιδόμενης ενέργειας τους για να υπερνικήσουν τις δυνάμεις αντίστασης (ωφέλιμη ενέργεια) αλλά μικρότερο ποσοστό για να μετακινήσουν μάζες νερού προς τα πίσω (χαμένη ενέργεια). Με άλλα λόγια είχαν καλύτερη απόδοση προώθησης. Ένα άλλο παράδειγμα βελτίωσης της οικονομίας στην κολύμβηση είναι η χρήση στολής νεοπρέν με αποτέλεσμα την ελάττωση της δύναμης αντίστασης κατά 14% περίπου (Toussaint et al., 1989). Χρησιμοποιώντας σαν δείκτη της οικονομίας την VO_2 σε υπομέγιστη κολυμβητική ταχύτητα 1 m.s^{-1} οι Dengel και συνεργάτες (1989) ανέφεραν σημαντική συσχέτιση μεταξύ της VO_2

και της επίδοσης στο κολυμβητικό σκέλος ενός αγώνα Half Ironman ($r = 0,72$). Και άλλες μελέτες έχουν βρεί σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της ενεργειακής οικονομίας και της επίδοσης στην κολύμβηση (Montpetit, Smith & Boie, 1988).

2.6.2. Ποδηλασία

Οι περισσότερες έρευνες εξετάζουν βιομηχανικούς παράγοντες όπως η θέση της σέλας, το μήκος του δισκοβραχίονα, το είδος του τιμονιού (αερόμπαρρες), η θέση του σώματος και γενικά το “στήσιμο” πάνω στο ποδήλατο.

Σε μία από τις προγενέστερες μελέτες στην ποδηλασία (Coyle et al., 1988) οι ερευνητές σημείωσαν ότι η επίδοση σε αθλήματα αντοχής εξαρτάται τόσο από την VO_{2max} όσο και από την ενεργειακή οικονομία, ορισμένη ως η ταχύτητα που επιτυγχάνεται για ένα δεδομένο ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου VO_2 . Παρόλο που η VO_{2max} είναι καλή προβλέπουσα της επίδοσης για μία ομάδα με ανόμοιες VO_{2max} , για περιπτώσεις όπου οι αθλητές έχουν παρόμοιες VO_{2max} , μπορεί η επίδοση να εξηγείται καλύτερα από την ενεργειακή οικονομία. Οι Coyle και συνεργάτες (1988) εξέτασαν μία ομάδα ποδηλατών με παρόμοιες VO_{2max} αλλά με σημαντικές διαφορές στην επίδοση. Σαν επίδοση ορίστηκε ο χρόνος ποδηλασίας έως την εξάντληση με ένταση στο 88% της VO_{2max} . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το % της VO_{2max} στο αναερόβιο κατώφλι και η πυκνότητα τριχοειδών (που σχετίζεται με το ρυθμό απομάκρυνσης του γαλακτικού) από κοινού εξηγούσαν το 92% της διασποράς στην επίδοση. Η χρήση ποδηλατικών παπουτσιών με και χωρίς κλιπ δεν είχε σημαντική επίδραση στην VO_{2max} ούτε και στις καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις σε διάφορες επιβαρύνσεις, από 60 έως και 90% της VO_{2max} . Οι Berry, Pollock, van Nieuwenhuizen και Brubaker (1994) σύγκριναν το ενεργειακό κόστος και το χρόνο έως την εξάντληση μεταξύ της χρήσης τιμονιού με αεροδυναμικές μπάρες και συνηθισμένου τιμονιού και δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Σε μία άλλη μελέτη (Cullen, Andrew, Lair, Widger & Timson, 1992) παρομοίως δεν βρέθηκαν διαφορές στην ποδηλατική οικονομία σε αθλητές ποδηλασίας που χρησιμοποιούσαν στρογγυλό ή ελλειπτικό μπροστινό δίσκο, για διάφορους συνδυασμούς γραναζιών και διάφορες συχνότητες περιστροφής των πεταλιών

(pedalling cadence). Στο πεδίο αυτό δεν υπάρχουν πολλές μελέτες και χρειάζεται περισσότερη έρευνα.

2.6.3. Τρέξιμο

Η υψηλή δρομική οικονομία είναι σημαντικό χαρακτηριστικό των ΥΕ δρομέων αντοχής. Αυτό φαίνεται από τα διαφορετικά ενεργειακά κόστη τρεξίματος σε 15 km.h^{-1} για μαραθωνοδρόμους διαφόρων επιπέδων, όπου ερευνητές έχουν αναφέρει συσχέτιση μεταξύ της δρομικής οικονομίας και της ταχύτητας μαραθωνίου δρόμου (Sjodin & Svedenhag, 1985). Σημαντικές αλλά όχι υψηλές συσχετίσεις έχουν δημοσιευθεί στην έρευνα του Farrell και των συνεργατών του (1979), ανάμεσα στην δρομική οικονομία, ορισμένη ως η κατανάλωση οξυγόνου για ταχύτητα τρεξίματος σε $16,1 \text{ km.h}^{-1}$ πάνω σε δαπεδοεργόμετρο και της επίδοσης δρόμων αντοχής από 3,2 έως 42,2 km ($r = -0,49$ έως $r = -0,60$).

Ο Costill και οι συνεργάτες του (1973) δημοσίευσαν αποτελέσματα όπου η επίδοση σε δρόμους αντοχής είχε υψηλή συσχέτιση με την ικανότητα του αθλητή να χρησιμοποιεί, σε μία δεδομένη υπομέγιστη ταχύτητα (268 m.min^{-1}) ένα μεγάλο % ποσοστό της VO_2max ($r = -0,94$) και μεγάλο % ποσοστό της KΣmax ($r = 0,98$) με την ελάχιστη δυνατή συσσώρευση γαλακτικού.

Σε μία ομάδα δρομέων υψηλού επιπέδου βρέθηκε ότι η δρομική οικονομία, ως η κατανάλωση VO_2 σε υπομέγιστες ταχύτητες 241, 268 και 295 m.min^{-1} , είχε συσχέτιση $r = 0,83$, $0,82$ και $0,79$ με την επίδοση σε δρόμο 10 km, ενώ η VO_2max μόλις $r = 0,12$. Επομένως η δρομική οικονομία μπορούσε να εξηγήσει το 65,4% της διασποράς στην επίδοση στα 10 km (Conley & Krahenbuhl, 1980). Στην έρευνα των Morgan και συνεργατών (1989) για καλά προπονημένους δρομείς 10 km αναφέρεται συσχέτιση ($r = 0,64$) μεταξύ της δρομικής οικονομίας και της επίδοσης. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών οι Schabort και συνεργάτες (2000) δεν βρήκαν συσχέτιση μεταξύ της δρομικής οικονομίας και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος ενός τριάθλου Ολυμπιακής απόστασης.

Στην έρευνα των Morgan και Craib (1992) εξετάζονται διάφοροι παράγοντες οι οποίοι πιθανό να επηρεάζουν την δρομική οικονομία όπως οι

ενδοατομικές διαφορές, η θερμοκρασία του σώματος, η ΚΣ, ο αερισμός, ο τύπος των μυικών ινών, το φύλο, ο άνεμος και η αντίσταση του αέρα, το υψόμετρο, η κόπωση και η προπόνηση. Γιά τους περισσότερους από τους παράγοντες αυτούς τα αποτελέσματα των ερευνών είναι αντιφατικά και οι ερευνητές υπογραμμίζουν την ανάγκη γιά περισσότερες έρευνες.

2.6.4. Τρίαθλο

Οι Laurensen και συνεργάτες, (1993) συγκρίνοντας γυναίκες τριαθλήτριες ΥΕ με μεσαίου επιπέδου (ΜΕ), ανέφεραν ότι οι ΥΕ ήταν πίο οικονομικές από τις μεσαίου επιπέδου ($51,2$ vs $53,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) σε υπομέγιστη ένταση, σε ταχύτητα τρεξίματος 15 km.h^{-1} σε δαπεδοεργόμετρο. Στην εν λόγω ένταση οι ΥΕ τριαθλήτριες χρησιμοποιούσαν χαμηλότερο $\% \text{VO}_2\text{max}$ ($78,2\%$ vs $89,2\%$) από τις ΜΕ. Οι ως άνω ερευνητές ανέφεραν ότι ενώ δεν βρήκαν στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της VO_2max και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος του Ολυμπιακού τρίαθλου εντούτοις βρήκαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της $\% \text{VO}_2\text{max}$ σε ρυθμό τρεξίματος 15 km.h^{-1} και της επίδοσης στο δρομικό σκέλος του τρίαθλου, χωρίς όμως να αναφέρουν το συντελεστή συσχέτισης.

Σε μία ερευνα της αξιοποίησης της μέγιστης ικανότητας, οι Dengel και συνεργάτες, (1989) υπολόγισαν τα $\%$ ποσοστά της VO_2max γιά υπομέγιστες εντάσεις σε κολύμβηση (1 m.s^{-1}), ποδηλασία (200 W) καί τρέξιμο (12 km.h^{-1}) και βρήκαν ότι αυτά είχαν σημαντική συσχέτιση με την επίδοση στο κολυμβητικό ($r = 0,91$), ποδηλατικό ($r = 0,78$) και δρομικό σκέλος ($r = 0,86$) ενός αγώνα Half Ironman. Η VO_2 σε απόλυτες τιμές (l.min^{-1}) είχε χαμηλότερες συσχετίσεις με την επίδοση στο κολυμβητικό ($r = 0,72$), ποδηλατικό ($r = 0,60$) και δρομικό σκέλος ($r = 0,64$). Στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της ενεργειακής οικονομίας ως $\%$ της VO_2max (αλλά όχι της κατανάλωσης οξυγόνου VO_2 σε $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ούτε σε l.min^{-1}) γιά ποδηλασία σε υπομέγιστη ένταση (160 W) και της επίδοσης στο ποδηλατικό σκέλος ενός αγώνα Ironman παρουσιάστηκε και σε μία ακόμα έρευνα ($r = 0,61$) (O'Toole, Douglas & Hiller, 1989b).

Σε μία διαφορετική μελέτη σε ($n=16$) άνδρες και ($n=15$) γυναίκες ΥΕ τριαθλητές διεθνούς επιπέδου (σε δύο ηλικιακές κατηγορίες νεαρών 18 εως 20 ετών και κανονικών > 20 ετών) σε Ολυμπιακό τρίαθλο ITU, όπου επιτρεπόταν το

κολητήρι στο ποδήλατο, συγκρίθηκε το ενεργειακό κόστος του μεμονωμένου τρεξίματος με αυτό κατά το δρομικό σκέλος ενός αγώνα τριάθλου. Βρέθηκε ότι μόνο για την ομάδα των νεαρών γυναικών και για καμμία από τις άλλες ομάδες, η επίδοση στο δρομικό σκέλος (σε λεπτά) είχε σημαντική συσχέτιση με το ενεργειακό κόστος του μεμονωμένου τρεξίματος ($r = -0,88$) αλλά και το ενεργειακό κόστος του τρεξίματος ύστερα από μέγιστη και υπομέγιστη δοκιμασία ποδηλασίας στο εργαστήριο ($r = -0,88$) (Millet & Bentley, 2004).

2.7. Άλλες παράμετροι της αερόβιας ικανότητας

Προηγούμενες μελέτες δεν βρήκαν συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών καρδιακής μορφολογίας και καρδιακής λειτουργίας και της επίδοσης στο τρίαθλο. Όμως στη μελέτη των Whyte και συνεργατών (2000) βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ του όγκου παλμού (SV) και της επίδοσης του ποδηλατικού σκέλους σε απόσταση Ironman και Half Ironman ($r = -0,61$). Σύμφωνα με τους ερευνητές, η εξήγηση μπορεί να οφείλεται στην καρδιαγγειακή παρέκκλιση (cardiovascular drift, CV).

2.8. Ειδικά θέματα στο τρίαθλο

Ένα από τα πλέον ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τριάθλου είναι οι προσαρμογές που πρέπει να κάνει το σώμα κατά τις αλλαγές T₁ (από το κολύμπι στο ποδήλατο) και, σε μεγαλύτερο βαθμό, την T₂ (από το ποδήλατο στο τρέξιμο). Προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι υπάρχουν συγκεκριμένες ενεργειακές ανάγκες σε VO₂ και καρδιαγγειακές προσαρμογές που είναι χαρακτηριστικές του T₁ και ιδίως του T₂. Επειδή το ενεργειακό κόστος του τρεξίματος μετά από την ποδηλασία είναι αυξημένο (Hue, Le Gallais, Boussana, Chollet & Prefaut, 1998), η επιλογή του ρυθμού στην αρχική φάση του τρεξίματος (αμέσως μετά το T₂) είναι καθοριστικής σημασίας για τη συνολική επίδοση του τρεξίματος (Hue, Le Gallais, Chollet, Boussana & Prefaut, 1998). Συνεπώς οι ως άνω ερευνητές προτείνουν την συνδυαστική προπόνηση κολύμπι-ποδήλατο και ποδήλατο-τρέξιμο (γνωστή και ως brick) σαν μέσον προσομοίωσης των ιδιαίτερων αναγκών του τριάθλου.

Για Ολυμπιακό τρίαθλο βρέθηκε ότι η καλύτερη στρατηγική ήταν να τρέξουν οι τριαθλητές το 1^ο km με ρυθμό λίγο πιο αργά (5%) από το μέσο ρυθμό του 10αριού τους (Hauswirth, Le Meur, Bieuzen, Brisswalter & Bernard, 2010).

Μία έρευνα των Le Meur και συνεργατών (2009) όπου διερεύνησε ποιοί παράγοντες επηρεάζουν την επιλογή του αγωνιστικού ρυθμού και της στρατηγικής (pacing) που ακολουθούν οι άνδρες και οι γυναίκες τριαθλητές κατά τη διάρκεια αγώνα παγκοσμίου κυπέλλου ITU φανέρωσε ότι και τα δύο φύλα είχαν την ίδια στρατηγική, που ήταν να ξεκινούν πιο γρήγορα και η ταχύτητα τους να φθίνει καθώς εξελίσσεται το κάθε σκέλος (positive pacing). Αυτό είναι άξιο απορίας, όπως ανέφεραν οι ως άνω ερευνητές.

Την τακτική σε ένα αγώνα Ολυμπιακής απόστασης ITU μελέτησαν οι Vleck, Bentley, Millet και Burgi, (2008) και βρήκαν ότι η ταχύτητα κατά τα πρώτα 222 m της κολύμβησης είχε υψηλή συσχέτιση με την κατάταξη στο τέλος της κολύμβησης για τους άνδρες ($r = -0,88$) και για τις γυναίκες ($r = -0,97$). Η κατάταξη στο τέλος της κολύμβησης επηρέασε σε ποιά υποομάδα (pack) έμπαινε ο κάθε αθλητής στον 1^ο κύκλο του ποδηλάτου ($r = 0,81$ για τους άνδρες και $r = 0,93$ για τις γυναίκες), την κατάταξη του στο τέλος του ποδηλάτου ($r = 0,41$ και για τα δύο φύλα) και την γενική κατάταξη του ($r = 0,39$ για άνδρες και $r = 0,47$ για γυναίκες). Η μέση ταχύτητα ποδηλασίας, η ταχύτητα και ο αριθμός της υποομάδας στον 1^ο και 2^ο γύρο της ποδηλασίας είχαν χαμηλότερη συσχέτιση με την τελική κατάταξη στους άνδρες ($r = -0,42$, $-0,2$ και $-0,42$) απ' ότι στις γυναίκες ($r = -0,74$, $-0,75$ και $-0,72$). Η μέση ταχύτητα τρεξίματος είχε καλύτερη συσχέτιση με την επίδοση στους άνδρες ($r = -0,94$) απ' ότι στις γυναίκες ($r = -0,61$). Και για τα δύο φύλα, η ταχύτητα κατά τα πρώτα 993 m του τρεξίματος ήταν μεγαλύτερη απ' ότι για το υπόλοιπο τρέξιμο, χωρίς όμως να βρεθούν ξεκάθαρα πλεονεκτήματα απ' αυτή την τακτική. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με μία άλλη μελέτη (Vleck, Burgi & Bentley, 2006) όπου φανερώθηκε ότι τα πρώτα 400-500 m της κολύμβησης ήταν καθοριστικής σημασίας για το τελικό αποτέλεσμα. Επίσης η κατάταξη σ' εκείνη τη φάση φαίνεται να καθορίζει και την κατάταξη στο τέλος του κολυμπιού. Οι αθλητές που έκαναν το κολύμπι στο κάτω 50% έβαλαν πολύ περισσότερη προσπάθεια στα αρχικά στάδια της ποδηλασίας για να πλησιάσουν τους προπορευόμενους ποδηλάτες. Έχει βρεθεί από προηγούμενες έρευνες ότι το τρέξιμο ύστερα από κουραστικό ποδήλατο είναι πιο δύσκολο και έχει χαμηλότερη απόδοση απ' ότι το μεμονωμένο τρέξιμο (Sleivert

& Rowlands, 1996). Οι δυνατότεροι δρομείς ήταν αυτοί που τελικά έφεραν και τις καλύτερες θέσεις, γεγονός που υπογραμμίζει τη σημασία του τρεξίματος σε ΥΕ Ολυμπιακό τρίαθλο. Σε συμφωνία με τα παραπάνω βρίσκονται και τα αποτελέσματα μιάς άλλης έρευνας (Frohlich, Klein, Pieter, Emrich & Giebing, 2008) που ανέλυσε τα αποτελέσματα 318 συμμετεχόντων στους τελικούς του παγκόσμιου πρωταθλήματος ITU Ολυμπιακής απόστασης μεταξύ του 2004 και του 2007, βρήκε ότι η υψηλότερη συσχέτιση μεταξύ των επί μέρους σκελών και της συνολικής επίδοσης σε τρίαθλο ITU Ολυμπιακής απόστασης ήταν αυτή για το δρομικό σκέλος. Φαίνεται ότι για τους αγώνες αυτού του τύπου, το κολύμπι και το ποδήλατο έχουν χαμηλή προβλεπτική δύναμη για την τελική επίδοση και αυτό που μετράει περισσότερο είναι η ικανότητα στο τρέξιμο.

Οι Wu και συνεργάτες (2015) εξέτασαν τη στρατηγική σε διάφορες αποστάσεις τρίαθλου και βρήκαν ότι στο κολύμπι για όλες τις αποστάσεις χρησιμοποιήθηκε ομοιόμορφος, σταθερός ρυθμός (pacing). Στο ποδήλατο ο ρυθμός ήταν πίο τυχαίος για το Half-Ironman (HIM) απ' ότι για το τρίαθλο μικρής διάρκειας. Μόνο το 20,9% του χρόνου της ποδηλασίας ξεπερνούσε κατά 10% την μέση τιμή της ισχύος στο HIM σε σύγκριση με το 43,8% στο τρίαθλο μικρής διάρκειας και 37,7% στο Ολυμπιακό τρίαθλο. Αντίθετα, 13,6% του χρόνου της ποδηλασίας ήταν κατώτερο κατά 5-10% από τη μέση τιμή της ισχύος για HIM, συγκριτικά με 5,9% για τρίαθλο μικρής διάρκειας και 8% για Ολυμπιακό. Για το τρέξιμο, στο τρίαθλο μικρής διάρκειας χρησιμοποιήθηκε αρνητικό pacing ενώ για το Ολυμπιακό και το HIM θετικό.

Το τρίαθλο είναι ένα πολύ ιδιαίτερο άθλημα που περιλαμβάνει 3 επί μέρους αθλήματα, κολύμπι, ποδήλατο και τρέξιμο και τις 2 αλλαγές T₁ και T₂. Το κολύμπι επιδρά στο ποδήλατο αλλά υπάρχει ως επί το πλείστον συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα ότι, γενικά δεν έχει τόσο σοβαρές συνέπειες όσο έχει το ποδήλατο στο τρέξιμο το οποίο έπεται. Λόγω των αλληλεπιδράσεων πολλών παραγόντων, οι φυσιολογικές απαιτήσεις του τρίαθλου είναι διαφορετικές από αυτές των μονών αθλημάτων από τα οποία αποτελείται. Οι μέχρι στιγμής έρευνες φαίνεται να υποστηρίζουν ότι το τρίαθλο πρέπει να θεωρείται ένα αθλημα και ότι η προπόνηση σ' αυτό είναι σκόπιμο να γίνεται με αυτό κατά νού, δηλαδή μέσα

στην προπονητική περίοδο και γίνονται και προπονήσεις συνδυαστικά σε δύο αθλήματα, (bricks) όσο και προπονήσεις στις αλλαγές T₁ και T₂ (Bentley et al, 2002).

2.8.1. Επίδραση της κολύμβησης στην ποδηλασία

Η μελέτη των Peeling, Bishop και Landers (2006) βρήκε ότι η ένταση της κολύμβησης είχε σημαντική επίδραση στο μετέπειτα ποδήλατο και συνολικό χρόνο τριάθλου μικρής διάρκειας. Πιο συγκεκριμένα η ελαττωμένη ένταση κολύμβησης στο 80-85% (S80) ή 90-95% (S90) της έντασης μιάς μεμονωμένης δοκιμασίας χρονομέτρου κολύμβησης TT750 m (100%) είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση στην επίδοση της μετέπειτα ποδηλασίας (και για τις δύο υπομέγιστες εντάσεις), και στην συνολική επίδοση (μόνο για το S80).

Σε μία μελέτη του κατά πόσον στο τρίαθλο η προηγούμενη δραστηριότητα επηρεάζει αρνητικά την ενεργειακή οικονομία του επόμενου αθλήματος οι Kreider και συνεργάτες (1988) σύγκριναν τις φυσιολογικές αποκρίσεις εννέα ανδρών τριαθλητών από ένα αγώνα τριάθλου (800 m κολύμβηση, 40 km ποδηλασία, 10 km δρόμο) με εκείνες από δοκιμασίες στο εργαστήριο μεμονωμένα σε ποδηλασία και τρέξιμο, στην ίδια ένταση, στο 70% της VO₂max. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προηγηθείσα κολύμβηση μείωσε σημαντικά το παραγόμενο έργο κατά την μετέπειτα ποδηλασία από 191 σε 159 W.

Αντίθετα, στην μελέτη των Laursen, Rhodes και Langill (2000), για μεγαλύτερη απόσταση τριάθλου, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην ισχύ σε ποδηλασία 3 ωρών ύστερα από κολύμπι 3000 m ή χωρίς προηγούμενο κολύμπι (222 vs 212 W). Οι δύο παραπάνω μελέτες όμως είχαν αρκετές διαφορές.

2.8.2. Επίδραση της ποδηλασίας στο τρέξιμο

Στην προαναφερθείσα έρευνα των Kreider και συνεργατών (1988), όπου βρέθηκαν μειωμένες επιδόσεις στο ποδήλατο ύστερα από το κολύμπι, για το τρέξιμο, παρόλο που στον αγώνα έγινε με την ίδια ταχύτητα όπως και στο εργαστήριο, καταναλώθηκε σημαντικά περισσότερη ενέργεια, VO₂ (13%) με επακόλουθο την μείωση της δρομικής οικονομίας. Πάνω στο ίδιο θέμα, τα αποτελέσματα μιάς άλλης έρευνας (Millet, G. P., Millet, G. Y., Hofmann, M. D. & Candau, R. B., 2000), που σύγκρινε το ενεργειακό κόστος τρεξίματος μετά από

κουραστική ποδηλασία ανάμεσα σε ΥΕ και μεσαίου επιπέδου τριαθλητές, έδειξαν ότι η επίδραση της ποδηλασίας ήταν διαφορετική στις 2 ομάδες. Στους ΥΕ το ενεργειακό κόστος του τρεξίματος ελαττώθηκε κατά 3,7% (από 4,01 σε 3,86 J.kg⁻¹.min⁻¹) ενώ στους μεσαίου επιπέδου αυξήθηκε κατά 2,3% (από 3,67 σε 3,76 J.kg⁻¹.min⁻¹). Η ερμηνεία των ερευνητών ήταν ότι οι ΥΕ τριαθλητές είχαν καλύτερες προσαρμογές στο ενεργειακό κόστος O₂ των αναπνευστικών μυών και καλύτερο έλεγχο των βιομηχανικών παραμέτρων του τρεξίματος συγκριτικά με τους μεσαίου επιπέδου.

Για τρίαθλα ITU όπου επιτρέπεται το κολλητήρι στο ποδήλατο με συνέπεια να υπάρχουν πολλές ιδιαιτερότητες στη στρατηγική του αγώνα, βρέθηκε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας στο ποδήλατο χάρις στο κολλητήρι είχε σημαντικά οφέλη (σε σχέση με χωρίς κολλητήρι) για το τρέξιμο που ακολουθούσε, (Hauswirth, Lehenaff, Dreano και Savonen, 1999; Hauswirth et al., 2001)

Μια άλλη έρευνα σε Ολυμπιακό τρίαθλο ITU (Cejuela et al., 2013), μελέτησε τις συσχετίσεις μεταξύ της επίδοσης και όλων των επί μέρους σκελών, κολύμπι, T₁, ποδήλατο, T₂ και τρέξιμο, σε n=538 αθλητές που συμμετείχαν σε 6 παγκόσμια πρωταθλήματα ITU (2000, 2001, 2004, 2006, 2007 και 2008) και σε 3 Ολυμπιακούς αγώνες (2000, 2004 και 2008). Τα αποτελέσματα φανέρωσαν ότι το ποσοστό χρόνου σε κάθε σκέλος ήταν 16,2% για την κολύμβηση, 0,74% για την T₁, 53,07% για την ποδηλασία, 0,47% για την T₂, και 29,5% για το τρέξιμο. Οι ως άνω ερευνητές εισήγαγαν την έννοια του «χαμένου χρόνου» για κάθε τριαθλητή κατά την αλλαγή T₁ ή την T₂, ως τη διαφορά μεταξύ της χρονικής στιγμής που ο 1^{ος} αθλητής μιάς υποομάδας βγήκε από τη ζώνη αλλαγών για να ξεκινήσει το ποδήλατο ή το τρέξιμο και της χρονικής στιγμής που ο τριαθλητής που ανήκε στην ίδια υποομάδα κολύμβησης ή ποδηλασίας βγήκε από τη ζώνη αλλαγών. Βρέθηκαν οι εξής συντελεστές συσχέτισης των επί μέρους σκελών με την τελική κατάταξη (κολύμβηση: r = 0,36, T₁: r = 0.25, χαμένος χρόνος T₁: r = 0.34, ποδηλασία: r = 0.62, T₂: r = 0.33, χαμένος χρόνος T₂: r = 0.43, τρέξιμο: r = 0.82). Η επίδραση του τρεξίματος ήταν η πιό αποφασιστική στην τελική επίδοση. Μιάς και στο κολύμπι και στο ποδήλατο επιτρέπεται το κολλητήρι, που επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, και το επίπεδο των τριαθλητών είναι

παρόμοιοι, οι διαφορές στην τελική επίδοση είναι λογικό να φανούν στο τελευταίο σκέλος, το τρέξιμο. Τα ευρήματα αυτά δεν έχουν την ίδια εφαρμογή σε αγώνες τύπου Ironman ή AG όπου δεν επιτρέπεται το κολλητήριο στο ποδήλατο. Η ανάλυση των παραγόντων που επιδρούν στην τελική επίδοση στους αγώνες εκείνους πρέπει να γίνει διαφορετικά απ' ότι στο Ολυμπιακό τρίαθλο. Συμπερασματικά, βρέθηκε ότι ο χαμηλότερος χαμένος χρόνος T_2 έχει υψηλή συσχέτιση με μία καλύτερη τελική κατάταξη. Παρ' όλο που ο χαμένος χρόνος T_2 κυμαινόταν από 1 έως 15 sec και αντιπροσώπευε μικρό μόνο ποσοστό του συνολικού χρόνου, είχε σημαντική επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα γιατί πολύ συχνά η τελική θέση καθοριζόταν ύστερα από μία τελική επιτάχυνση κατά τον τερματισμό με διαφορά μόλις λίγων δευτερολέπτων.

Κάποιες έρευνες έχουν εξετάσει την επίδραση της ποδηλατικής συχνότητας (pedalling cadence, rpm) στο ενεργειακό κόστος της ποδηλασίας του τρίαθλου και ανέφεραν τις τιμές 60 έως 80 rpm ως την μεταβολικά βέλτιστη συχνότητα. Άλλες μελέτες βρήκαν ότι η συχνότητα από ελεύθερη ατομική επιλογή των τριαθλητών ήταν πίο κοντά στην βιομηχανικά βέλτιστη τιμή των 90 rpm (Lepers, Millet, Maffiuletti, Haysswirth & Brisswalter, 2001; Vercruyssen et al., 2002).

Φαίνεται λοιπόν ότι η συνολική επίδοση σε αγώνα τρίαθλου εξαρτάται λιγότερο από μεμονωμένους παράγοντες των επί μέρους αθλημάτων κολύμβησης, ποδηλασίας και τρεξίματος και περισσότερο από μεταβλητές που συνδυάζουν τις εξειδικευμένες απαιτήσεις του τρίαθλου. Την παραπάνω υπόθεση υποστηρίζουν τα ευρήματα μιάς έρευνας (Zderic, Ruby, Hartpence, & Meyers, 1997) που ανέφερε ότι η συνολική επίδοση της ποδηλασίας μαζί με το τρέξιμο, σε ένταση 90% του γαλακτικού κατωφλίου (LT) είχε μεγαλύτερη συσχέτιση ($r = -0,78$) με την “δυσκολία” των τριαθλητών κατά την αλλαγή T_2 (εκφρασμένη σαν την διαφορά του ρυθμού κατανάλωσης ενέργειας μεταξύ *συνδυασμένης* ποδηλασίας με τρέξιμο και *μεμονωμένου* τρεξίματος) απ' ότι με την ποδηλατική ισχύ στο κατώφλι LT σε Watt ($r = 0,59$) και με την ταχύτητα τρεξίματος ($m.s^{-1}$) στο LT ($r = 0,56$).

2.9. Εκτίμηση της επίδοσης από χρόνους τερματισμού σε μικρότερης διάρκειας αγώνες ή επί μέρους σκέλη

Υπάρχουν κάποιες μελέτες που εξέτασαν τη σχέση της επίδοσης σε αγώνα τριάθλου με την επίδοση σε άλλο αγώνα τριάθλου, μικρότερης διάρκειας ή επίδοση σε χρονόμετρο επί μέρους σκέλους, κολύμβησης, ποδηλασίας ή τρεξίματος. Στην έρευνα του Wilburn (2004) οι επί μέρους χρόνοι της κολύμβησης, της ποδηλασίας του τρεξίματος και ο συνολικός χρόνος τριάθλου μικρής διάρκειας μπορούν να προβλεφθούν από τους χρόνους σε χρονόμετρο 150 yd κολύμβηση και 2 μίλια τρέξιμο ($r = 0,87$). Μία άλλη ερευνητική ομάδα παρουσίασε αποτελέσματα που έδειξαν ότι η επίδοση σε τρίαθλο Ironman μπορούσε να εκτιμηθεί από τον συνδυασμό της καλύτερης επίδοσης σε Ολυμπιακό τρίαθλο και σε μαραθώνιο δρόμο, τόσο για άνδρες (Rust, Knechtle, Knechtle, Roesemann & Lepers, 2011) όσο και για γυναίκες (Rust et al., 2012). Σε μία πρόσφατη έρευνα των αποτελεσμάτων των τελευταίων 35 χρόνων από την αρχή του Ironman της Χαβάης (Knechtle et al., 2015) βρέθηκε ότι οι σημαντικότερες προβλέπουσες μεταβλητές για μία γρήγορη συνολική επίδοση ήταν η ηλικία 30-35 ετών (για τους άνδρες και τις γυναίκες), μία γρήγορη επίδοση σε μαραθώνιο (για τους άνδρες και τις γυναίκες), μεγάλος όγκος και υψηλή ένταση προπόνησης (για τους άνδρες και τις γυναίκες), χαμηλό ποσοστό σωματικού λίπους, μικρό άθροισμα των δερματοπτυχών, μικρή περίμετρος βραχίονα (μόνο για τους άνδρες) και καταγωγή από τις ΗΠΑ (για τους άνδρες και τις γυναίκες).

Από ότι φαίνεται οι περισσότερες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για αποστάσεις τριάθλου Ολυμπιακή, Half Ironman και Ironman και υπάρχει έλλειμμα στη βιβλιογραφία όσον αφορά τη συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας. Έτσι, ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει τη συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων, από μετρήσεις στο εργαστήριο, στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας.

2.10. Συμπέρασμα

Από την παραπάνω ανασκόπηση της βιβλιογραφίας μπορεί να γίνει κατανοητό ότι στην περίπτωση του τρίαθλου υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τις σχέσεις μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων και επιδόσεων σε αγώνες. Τα πράγματα δεν είναι τόσο ξεκάθαρα, όσον αφορά την επίδραση φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση σε αγώνες τρίαθλου, όπως είναι στα μεμονωμένα αθλήματα λόγω της ιδιαιτερότητας του αθλήματος του τρίαθλου. Υπάρχουν ορισμένες μελέτες που υποστηρίζουν ότι την υψηλότερη συσχέτιση με την επίδοση έχει η $\dot{V}O_{2max}$, άλλες το $\dot{V}T$, άλλες η $\dot{v}O_{2max}$, και άλλες η W_{max} (κατά την ποδηλασία). Οι μελέτες που έχουν ερευνήσει το παραπάνω πρόβλημα έχουν εξετάσει τρίαθλα σε αποστάσεις Ολυμπιακή, Half Ironman και Ironman, ενώ είναι ελάχιστες οι μελέτες σε τρίαθλο μικρής διάρκειας. Συνεπώς υπάρχει πολύ μεγάλο κενό στη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΜΕΘΟΔΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του δείγματος, τα όργανα και ο εξοπλισμός αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν, το πειραματικό πρωτόκολλο και στοιχεία για τον σχεδιασμό και τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν. Εν συνεχεία, γίνεται αναφορά στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για να προκύψουν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

3.1. Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν δέκα πέντε τριαθλητές, άνδρες, ηλικίας από 27 έως και 40 ετών, μέτρια προπονημένοι (τριαθλητές αναψυχής), οι οποίοι προπονούνται τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα σε κάθε άθλημα (κολύμβηση, ποδηλασία και τρέξιμο). Επίσης, έπρεπε να είναι ικανοί να ολοκληρώσουν ένα τρίαθλο μικρής διάρκειας σε λιγότερο από 2 ώρες, να έχουν συμμετάσχει σε τουλάχιστον 3 αγώνες τριάθλου μικρής διάρκειας τον τελευταίο χρόνο, να μην έχουν κάποιον τραυματισμό και να μην λαμβάνουν κάποια φαρμακευτική αγωγή κατά το τελευταίο έτος. Η επιλογή του δείγματος έγινε με τυχαίο τρόπο μεταξύ των τριαθλητών των Τριαθλητικών Σωματείων αλλά και ανεξάρτητων αθλητών του νομού Αττικής οι οποίοι όμως έπρεπε να συμμετέχουν και στον αγώνα τριάθλου της αγωνιστικής προσπάθειας. Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτώς για το σκοπό της μελέτης, τις πειραματικές διαδικασίες και τους πιθανούς κινδύνους τραυματισμού που μπορεί να υπήρχαν, ενώ ζητήθηκε και έγγραφη συγκατάθεση αυτών. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε δοκιμασίες με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση έως εξάντλησης, σε δοκιμασίες αξιολόγησης της αναερόβιας ικανότητας και τερματίσαν σε ένα πραγματικό αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας.

3.2. Όργανα-εξοπλισμός

Στην πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο μετρήθηκαν τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων.

Σωματικό Ανάστημα

Μετρήθηκε με αναστημόμετρο (Seca Leicester, U.K.). Η μέτρηση του ύψους έγινε χωρίς υποδήματα μετά από πλήρη εισπνοή στο κοντινότερο χιλιοστό.

Σωματική Μάζα

Μετρήθηκε με μηχανικό ανθρωποζυγό (Seca 710, U.K), στο κοντινότερο 0,1 kg. Οι δοκιμαζόμενοι δεν φορούσαν υποδήματα κατά την συγκεκριμένη μέτρηση, παρά μόνο το σορτς και το μπλουζάκι που φορούσαν και κατά τις δοκιμασίες μέγιστης προσπάθειας.

Ποσοστό % Σωματικού Λίπους

Γιά τη μέτρηση του ποσοστού του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκε δερματοπτυχόμετρο (Harpenden, U.K.). Μετρήθηκαν τέσσερις δερματοπτυχές σε κάθε δοκιμαζόμενο (δικεφαλική, τρικεφαλική, υποπλάτιος και υπερλαγώνιος), πάντα στη δεξιά πλευρά του σώματος και με τον δοκιμαζόμενο να βρίσκεται σε χαλαρή στάση σώματος και να παραμένει ακίνητος. Ο υπολογισμός του ποσοστού του λίπους έγινε με βάση τις εξισώσεις των Durnin & Womersley (1974).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των βασικών καρδιοαναπνευστικών και φυσιολογικών παραμέτρων.

Καρδιοαναπνευστικές Παράμετροι

Για την μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, οι δοκιμαζόμενοι μετά από προθέρμανση 10 min και 5 min διατατικών ασκήσεων εκτέλεσαν προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym runrace 1200, Italy), από αρχική ταχύτητα 8 km.h⁻¹. Η βαθμονόμηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου έγινε κάθε 5 μετρήσεις, από το μήκος του ιμάντα και το χρόνο των 30 περιστροφών του ιμάντα σε 3 διαφορετικές ταχύτητες με τον δοκιμαζόμενο πάνω, υπολογίζοντας έτσι την ταχύτητα του και συγκρίνοντας την με τις ενδείξεις της οθόνης. Η κλίση του δαπεδοεργομέτρου παρέμεινε μηδενική κατά την διάρκεια όλων των μετρήσεων. Η ταχύτητα του δαπεδοεργόμετρου αυξανόταν κάθε 2 λεπτά κατά 1 km.h⁻¹ έως την εξάντληση. Με αυτόν τον τρόπο υπήρχε η δυνατότητα να προσδιοριστούν όλες οι αναπνευστικές παράμετροι (VE, FEO₂, FECO₂, VO₂, VCO₂, RQ). Στη διάρκεια της δοκιμασίας, και ιδιαίτερα στα

τελευταία στάδια της δοκιμασίας, υπήρχε συνεχής προφορική παρότρυνση από τον εξεταστή για μέγιστη προσπάθεια, καθώς και για το υπόλοιπο του χρόνου μέχρι τη ολοκλήρωση παραμονής στο φορτίο. Στη διάρκεια της προσπάθειας ο δοκιμαζόμενος ανέπνεε μέσω μάσκας (full face Hans Rudolf, U.S.). Ο όγκος του εκπνεόμενου αέρα και ο προσδιορισμός της περιεκτικότητάς του σε O₂ και CO₂ πραγματοποιήθηκε από αυτόματο εργοσπιρόμετρο συνδεδεμένο με υπολογιστή (Quark CPET, Cosmed, Italy). Το συγκεκριμένο σύστημα είχε ελεγχθεί ως προς την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του (Nieman et al., 2013; Blond et al., 2011). Πριν από κάθε αξιολόγηση γινόταν βαθμονόμηση των αναλυτών του εργοσπιρόμετρου με αέρια γνωστής περιεκτικότητας (1. 20,93% O₂ – 0,03% CO₂, 2. 16,21% O₂ – 5,03% CO₂). Κάθε 5 αξιολογήσεις σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή γινόταν βαθμονόμηση του πνευμονοταχογράφου με σύριγγα 3l (Hans Rudolf 5530, Kansas City, MO) σε διαφορετικές ταχύτητες ροής αέρα. Το πρόγραμμα ανάλυσης των δεδομένων του παραπάνω εργοσπιρόμετρου έχει τη δυνατότητα παρουσίασης των τιμών κάθε αναπνοής καθώς και μέσων τιμών για το χρονικό διάστημα που θα αποφασίσει ο ερευνητής. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονταν οι μέσες τιμές για χρονικό διάστημα 20 δευτερολέπτων. Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας γινόταν καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση. Ο δοκιμαζόμενος φορούσε γύρω από τον θώρακα ζώνη (Polar, Finland) η οποία είχε ενσωματωμένα ηλεκτρόδια, για να ανιχνεύουν το ηλεκτρικό φορτίο σε κάθε καρδιακή συστολή και πομπό, για να στέλνει το ανάλογο σήμα σε δέκτη, ο οποίος συνδεόταν με το λειτουργικό πρόγραμμα του εργοσπιρόμετρου.

Για την μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου στο κυκλοεργόμετρο, οι δοκιμαζόμενοι μετά από προθέρμανση 10 min και 5 min διατακτικών ασκήσεων εκτέλεσαν προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία σε κυκλοεργόμετρο (Velotron, RaceMate Inc., USA), από αρχική επιβάρυνση 80 Watt. Η επιβάρυνση του κυκλοεργόμετρου αυξανόταν κάθε 2 λεπτά κατά 30 Watt, έως την εξάντληση. Με ακριβώς παρόμοιο τρόπο όπως αναφέρεται πιο πάνω στην περίπτωση της δοκιμασίας VO₂max στο δαπεδοεργόμετρο, προσδιορίστηκαν όλες οι αναπνευστικές παράμετροι και στην περίπτωση του κυκλοεργόμετρου.

Τα κριτήρια επίτευξης μέγιστης προσπάθειας ήταν η πλήρωση τουλάχιστον 3 από τα παρακάτω:

- αναπνευστικό πηλίκο να είναι μεγαλύτερο από 1,05.
- πλατό στη VO_2max ή αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου μικρότερη από 150ml στις τελευταίες ταχύτητες.
- μέγιστη καρδιακή συχνότητα ± 10 παλμούς/λεπτό από την προβλεπόμενη για την ηλικία του δοκιμαζόμενου.
- δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης στο τέλος της προσπάθειας από τον δοκιμαζόμενο να είναι μεγαλύτερος από 18 στην κλίμακα 6-20 του Borg (Edwardsen et al., 2014).

Για την αξιολόγηση της αναερόβιας ικανότητας στο τρέξιμο χρησιμοποιήθηκε δαπεδοεργόμετρο Technogym runrace 1200 (Italy), και κυκλοεργόμετρο Monarch (Sweden).

Αγωνιστική προσπάθεια τριάθλου μικρής διάρκειας.

Ο αγώνας τριάθλου μικρής διάρκειας πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Μαραθώνα. Η κολύμβηση έγινε στη θαλάσσια περιοχή του Μαραθώνα (Σχινιά). Η ποδηλασία έγινε στη διαδρομή από το Εθνικό Κωπηλατοδρόμιο Σχινιά, μέσω της Λεωφόρου Σουλίου έως τη Ραμνούντα και επιστροφή, η οποία έχει γενικά μικρές κλίσεις. Το τρέξιμο έγινε σε επίπεδη διαδρομή. Η επίδοση των δοκιμαζομένων μετρήθηκε με σύστημα ηλεκτρονικής χρονομέτρησης RFID (Race Result, Germany). Ο κάθε αθλητής έφερε επάνω του από την αρχή του αγώνα ένα αδιάβροχο τσιπ το οποίο στερεωνόταν με βέλκρο στον αστράγαλο του και καθώς ο αθλητής περνούσε από κάθε ενδιάμεσο σταθμό χρονομέτρησης καταγραφόταν ο ενδιάμεσος χρόνος του. Σε κάθε σταθμό χρονομέτρησης τοποθετήθηκε ειδικό σύστημα ανίχνευσης του διερχόμενου τριαθλητή το οποίο ήταν τάπητας στο οδόστρωμα υπό τύπον κεραίας. Τα ενδιάμεσα σημεία χρονομέτρησης ήταν 1) 50m μετά την έξοδο από τη θάλασσα, 2) στην είσοδο της ζώνης αλλαγών, 3) στην έξοδο της ζώνης αλλαγών, 4) στο σημείο αναστροφής της ποδηλατικής διαδρομής (στη Ραμνούντα), 5) στο σημείο αναστροφής της δρομικής διαδρομής, και 6) στον τερματισμό.

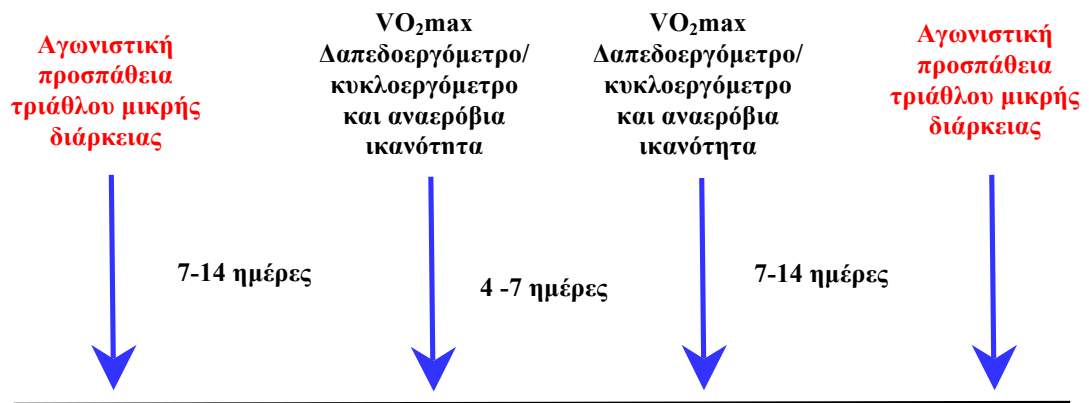
3.3. Διαδικασία-σχεδιασμός

Η διαδικασία των μετρήσεων διήρκεσε περίπου τέσσερις εβδομάδες, από δύο εβδομάδες πριν τον αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας έως δύο εβδομάδες μετά. Μέσα στη χρονική διάρκεια αυτή, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τις εξής δοκιμασίες: 1) μία προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία ($\text{VO}_2\text{max test}$) μέχρι την εξάντληση στο δαπεδοεργόμετρο, 2) μία προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία ($\text{VO}_2\text{max test}$) μέχρι την εξάντληση στο κυκλοεργόμετρο, 3) μία δοκιμασία αξιολόγησης της αναερόβιας ικανότητας στο τρέξιμο (πρωτόκολλο Cunningham και Faulkner), και 4) μία δοκιμασία Wingate. Οι παραπάνω δοκιμασίες έγιναν κατά τη διάρκεια δύο επισκέψεων στο εργαστήριο.

Κατά τις δύο επισκέψεις στο εργαστήριο, και με τυχαία σειρά μεταξύ των δοκιμασιών στο ποδήλατο και στο τρέξιμο, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν αρχικά τις δοκιμασίες αξιολόγησης της αναερόβιας ικανότητας και ύστερα από ξεκούραση τουλάχιστον 60 λεπτών, τις προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες μέχρι την εξάντληση στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο, αντίστοιχα. Αρχικά, σε καθεμία από τις δύο επισκέψεις, αξιολογήθηκε το ύψος, η σωματική μάζα και το ποσοστό σωματικού λίπους των συμμετεχόντων, μετρώντας τις δερματοπτυχές τεσσάρων σημείων, του δικέφαλου βραχιόνιου, του τρικέφαλου βραχιόνιου, του υπερλαγώνιου και του υποπλάτιου. Στη συνέχεια, για μεν την αξιολόγηση στο τρέξιμο, τους ζητήθηκε να εκτελέσουν μία προθέρμανση δέκα λεπτών σε ταχύτητα 8 km.h^{-1} σε δαπεδοεργόμετρο, για δε την ποδηλασία μία προθέρμανση δέκα λεπτών με επιβάρυνση 80 Watt σε κυκλοεργόμετρο, ακολουθούμενη από πέντε λεπτά στατικών και δυναμικών διατάσεων. Έπειτα, για το τρέξιμο, τέθηκε ο διάδρομος σε κλίση 20% και σταθερή ταχύτητα 13 km.h^{-1} και έκαναν μερικές δοκιμές εισόδου και εξόδου από τον κινούμενο διάδρομο. Κατόπιν έγινε η αξιολόγηση της αναερόβιας ικανότητας (πρωτόκολλο Cunningham και Faulkner) μετρώντας το χρόνο (σε sec) που μπόρεσαν οι δοκιμαζόμενοι να παραμείνουν τρέχοντας πάνω στο διάδρομο μέχρι να εγκαταλείψουν την προσπάθεια και να πιαστούν από τις χειρολαβές. Για το ποδήλατο, χρησιμοποιήθηκε κυκλοεργόμετρο Monarch (Netherlands) του οποίου η θέση και το ύψος της σέλας και η θέση και το ύψος του τιμονιού ρυθμίστηκαν

ανάλογα με τον κάθε δοκιμαζόμενο. Αρχικά έγινε υπολογισμός του μέγιστου αριθμού περιστροφών των σκελών χωρίς επιβάρυνση. Κατόπιν έγινε η αξιολόγηση με το πρωτόκολλο Wingate διάρκειας 30sec. Υστερα από ξεκούραση τουλάχιστον 60 λεπτών, ακολούθησε η προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία σε κυκλοεργόμετρο τύπου Velotron (RaceMate Inc., USA). Στους δοκιμαζόμενους δόθηκε κάθε φορά η ίδια ανατροφοδότηση και παρότρυνση. Να σημειωθεί, ότι οι δοκιμαζόμενοι ξεκίνησαν από την ίδια αρχική ταχύτητα (8 km.h^{-1}) για το τρέξιμο και ίδια επιβάρυνση (80 Watt) για το ποδήλατο την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία μέχρι την εξάντληση, ενώ παρεμβλήθηκαν τουλάχιστον 4 ημέρες μεταξύ των μετρήσεων αυτών.

Ολοκληρώνοντας, να σημειωθεί ότι οι δοκιμαζόμενοι συμβουλευτήκαν να ακολουθήσουν τις ίδιες διατροφικές συνθήκες και συνθήκες ανάπαυσης πριν από όλες τις δοκιμασίες. Ακόμη, τους ζητήθηκε να μην καταναλώσουν καφεΐνη ή αλκοόλ την προηγούμενη ημέρα από τις μετρήσεις και να απέχουν για τουλάχιστον δύο ημέρες από κάποια εξαντλητική άσκηση. Όλες οι μετρήσεις για τον κάθε δοκιμαζόμενο πραγματοποιήθηκαν την ίδια ώρα της ημέρας και κάτω από ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος (θερμοκρασία χώρου και ατμοσφαιρική πίεση). Στο Σχήμα 3.1. φαίνεται ο πειραματικός σχεδιασμός.



Σχήμα 3.1. Σχηματική αναπαράσταση του πειραματικού σχεδιασμού

3.4. Στατιστική ανάλυση

Για τα χαρακτηριστικά του δείγματος (ηλικία, ύψος, σωματική μάζα, ποσοστό σωματικού λίπους) χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική (μέσος όρος $\pm$ τυπική απόκλιση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή). Για τη σύγκριση των μέσων τιμών των φυσιολογικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το paired t-test. Για τις συσχετίσεις των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Pearson. Το επίπεδο σημαντικότητας σε όλες τις αναλύσεις ήταν $p \leq 0,05$ με δίπλευρο έλεγχο και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 20.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Χαρακτηριστικά δείγματος

Στον Πίνακα 4.1 φαίνονται τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και η ηλικία των δοκιμαζομένων της παρούσας μελέτης. Παρουσιάζονται η μέση τιμή ($\pm$ sd) και το εύρος τιμών (ελάχιστη και μέγιστη τιμή) της ηλικίας (έτη), του σωματικού ύψους (cm), της μάζας σώματος (kg) και της εκατοστιαίας αναλογίας του σωματικού λίπους (% Σωματικό Λίπος) των (n=15) δοκιμαζομένων.

Πίνακας 4.1. Σωματομετρικά και ηλικιακά χαρακτηριστικά του δείγματος.

Δοκιμαζόμενοι (n=15)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ
Ηλικία (Ετη)	39,47 $\pm$ 7,88	(27-40)
Ύψος (cm)	175,67 $\pm$ 4,91	(164-183)
Σωματική Μάζα (kg)	79,99 $\pm$ 9,74	(64,10-99,60)
% Σωματικό Λίπος	13,55 $\pm$ 2,63	(10,14-18,32)

4.2 Φυσιολογικές παράμετροι

Στον Πίνακα 4.2 φαίνονται οι τιμές των φυσιολογικών παραμέτρων από τις δοκιμασίες στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο των δοκιμαζομένων της παρούσας μελέτης. Παρουσιάζεται η μέση τιμή ($\pm$ sd) των εξής παραμέτρων στο δαπεδοεργόμετρο: της VO_{2max} (ml.min⁻¹ και ml.kg⁻¹.min⁻¹), της vVO_{2max} (km.h⁻¹), της vVT (km.h⁻¹), της δρομικής οικονομίας (ml.kg⁻¹.min⁻¹ @ 12 km.h⁻¹), του % $KΣ_{max}$ @ 12 km.h⁻¹ (%), του % VO_{2max} @ VT (%), του $CHOrate$ @ VT (gr.min⁻¹), του $Time_CF$ (sec), και των εξής παραμέτρων στο κυκλοεργόμετρο: VO_{2max} (ml.min⁻¹ και ml.kg⁻¹.min⁻¹), της W_{max} (W), της W @ VT (W), της ποδηλατικής οικονομίας (ml.kg⁻¹.min⁻¹ @ 140 W), του % $KΣ_{max}$ @ 140 W (%), του % VO_{2max} @ VT (%), του $CHOrate$ @ VT (gr.min⁻¹), της PF_{max} (rpm), της αναερόβιας ισχύος (W και W.kg⁻¹), της αναερόβιας ικανότητας (W) και της αναερόβιας κόπωσης (%) των (n=15) δοκιμαζομένων.

Πίνακας 4.2. Μέσες τιμές των φυσιολογικών παραμέτρων από τις μέγιστες δοκιμασίες σε δαπεδοεργόμετρο και σε κυκλοεργόμετρο για τους (n=15) δοκιμαζόμενους.

Δοκιμαζόμενοι (n=15)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ
	Δαπεδοεργόμερο	Κυκλοεργόμετρο
VO₂max (ml.min ⁻¹)	4193,21 ± 518,45*	3868,08 ± 617,38
VO₂max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	52,64 ± 4,45*	49,34 ± 8,03
vVO₂max (km.h ⁻¹)/ Wmax (W)	15,39 ± 1,12	308,27 ± 42,77
vVT (km.h ⁻¹)/ W @ VT (W)	11,27 ± 0,99	192,53 ± 28,37
Δρομική Οικονομία		
(ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ @ 12 km.h ⁻¹)	43,39 ± 2,41	
Ποδηλατική Οικονομία		
(ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ @ 140 W)		28,87 ± 4,19
% KΣmax @ 12 km.h⁻¹ / @ 140 W (%)	87,7 ± 5,77	71,65 ± 6,43
% VO₂max @ VT (%)	78,92 ± 2,68**	72,13 ± 3,80
CHOrate @ VT (gr.min ⁻¹)	2,51 ± 0,58	1,78 ± 0,36
Time_CF (sec)	30,00 ± 9,88	
PFmax (rpm)		199,47 ± 7,52
Wingate-Απόλυτη Αναερόβια Ισχύς		
(W)		740,24 ± 106,97
Wingate-Σχετική Αναερόβια Ισχύς		
(W.kg ⁻¹)		9,32 ± 1,09
Wingate-Αναερόβια Ικανότητα (W)		631,97 ± 89,42
Wingate-Αναερόβια Κόπωση (%)		25,84 ± 12,68

*p< 0,05 **p< 0,01

4.3 Αγωνιστική δοκιμασία τριάθλου μικρής διάρκειας

Στον Πίνακα 4.3 φαίνονται οι μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των χρόνων των επί μέρους σκελών της κολύμβησης (Tswim), της ποδηλασίας (Tbike), του δρόμου (Trun), των δύο αλλαγών (T₁) και (T₂), καθώς και του

συνολικού χρόνου (Ttotal) της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας που ολοκλήρωσαν οι δοκιμαζόμενοι. Επίσης παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των επί μέρους χρόνων και του Ttotal.

Πίνακας 4.3. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των χρόνων των επί μέρους σκελών της κολύμβησης (Tswim), της ποδηλασίας (Tbike), του δρόμου (Trun), των δύο αλλαγών (T₁) και (T₂) καθώς και του συνολικού χρόνου (Ttotal) της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας. Επίσης φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των χρόνων των επί μέρους σκελών και του Ttotal.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ME Ttotal
Tswim (sec)	1018,73 ± 133,54	0,731**
T₁(sec)	181,67 ± 59,67	0,746**
Tbike (sec)	2497,07 ± 150,79	0,961**
T₂ (sec)	56,73 ± 16,42	0,888**
Trun (sec)	1316,27 ± 94,32	0,63*
Ttotal (sec)	5072,40 ± 361,25	1

*p< 0,05 **p< 0,01

Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι η υψηλότερη συσχέτιση ήταν αυτή μεταξύ του Tbike και του Ttotal (r = 0,961) ενώ υψηλή ήταν και αυτή μεταξύ του T₂ και του Ttotal (r = 0,888).

Στον Πίνακα 4.4 φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των φυσιολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στο δαπεδοεργόμετρο, και των χρόνων των επί μέρους σκελών Tswim, Tbike, Trun, T₁, T₂. καθώς και του Ttotal της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας.

Πίνακας 4.4. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων από τις δοκιμασίες σε δαπεδοεργόμετρο και των χρόνων των επί μέρους σκελών, κολύμβησης Tswim, ποδηλασίας Tbike, δρόμου Trun, των δύο αλλαγών T₁ και T₂, καθώς και του συνολικού χρόνου Ttotal της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Ttotal	Tswim	T ₁	Tbike	T ₂	Trun
VO₂max (ml.min ⁻¹)	-0,469	-0,239	-0,476	-0,535	-0,441	-0,226
VO₂max (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹)	-0,757**	-0,671**	-0,311	-0,723**	-0,471	-0,51
vVO₂max (km.h ⁻¹)	-0,368	-0,181	0,043	-0,38	0,021	-0,575*
vVT (km.h ⁻¹)	-0,628**	-0,417	-0,224	-0,59*	-0,304	-0,674**
Δρομική Οικονομία (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹ @12 km.h ⁻¹)	-0,234	-0,511	-0,089	-0,183	-0,31	0,234
% KΣmax @ 12 km.h⁻¹ (%)	0,675**	0,418	0,37	0,616*	0,406	0,703**
% VO₂max @ VT (%)	-0,025	-0,351	0,13	0,107	-0,127	0,172
CHOrate @ VT (gr.min ⁻¹)	-0,747**	-0,502	-0,593*	-0,813**	-0,559*	-0,378
Time_CF (sec)	0,232	0,124	0,462	0,178	0,547*	0,043

*p< 0,05 **p< 0,01

Ο υψηλότερος συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε μεταξύ του CHOrate @ VT και του Tbike (-0,813). Υψηλές συσχετίσεις παρουσιάστηκαν μεταξύ του CHOrate @ VT και του Ttotal (-0,747), της VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) και του Ttotal (-0,757) και της VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) και Tbike (-0,723). Δεν παρατηρήθηκαν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των χρόνων των επί μέρους σκελών του τριάθλου και της VO₂max σε απόλυτες τιμές (ml.min⁻¹). Η παράμετρος vVO₂max παρουσίασε

χαμηλές συσχετίσεις με όλους τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου και μόνο με το Trun είχε μεσαία συσχέτιση (-0,575). Η παράμετρος $\dot{V}T$ παρουσίασε χαμηλές συσχετίσεις με όλους τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου και είχε μόλις μεσαία συσχέτιση με το Trun (-0,674) και το Ttotal (-0,628). Η δρομική οικονομία παρουσίασε χαμηλές συσχετίσεις με όλους τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου. Η παράμετρος % KΣmax @ 12 km.h⁻¹ παρουσίασε χαμηλές συσχετίσεις με όλους τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου και η υψηλότερη συσχέτιση ήταν μόλις 0,703 με το Trun. Η % $\dot{V}O_2$ max @ VT παρουσίασε χαμηλές συσχετίσεις με όλους τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου. Η παράμετρος Time_CF, παρουσίασε χαμηλές συσχετίσεις με τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου. Από όλες τις φυσιολογικές παραμέτρους που μετρήθηκαν στο δαπεδοεργόμετρο στην παρούσα μελέτη την υψηλότερη συσχέτιση με τη συνολική επίδοση είχαν οι $\dot{V}O_2$ max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) και CHOrate @ VT (-0,757, -0,747).

Στον Πίνακα 4.5 φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των φυσιολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στο κυκλοεργόμετρο, και των χρόνων Tswim, Tbike, Trun, T₁, T₂ και Ttotal της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας.

Πίνακας 4.5. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων από τις δοκιμασίες σε κυκλοεργόμετρο και των χρόνων των επί μέρους σκελών, κολύμβησης Tswim, ποδηλασίας Tbike, δρόμου Trun, των δύο αλλαγών T₁ και T₂. καθώς και του συνολικού χρόνου Ttotal της αγωνιστικής δοκιμασίας τριάθλου μικρής διάρκειας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Ttotal	Tswim	T ₁	Tbike	T ₂	Trun
VO₂max (ml.min ⁻¹)	-0,811**	-0,514	-0,687**	-0,803**	-0,749**	-0,528*
VO₂max (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹)	-0,798**	-0,694**	-0,455	-0,717**	-0,592	-0,531*
Wmax (W)	-0,783**	-0,484	-0,732**	-0,813**	-0,739**	-0,422
W@ VT (W)	-0,796**	-0,471	-0,704**	-0,852**	-0,611**	-0,465
Ποδηλ. Οικονομία (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹ @ 140 W)	-0,205	-0,407	0,134	-0,114	-0,123	-0,088
% KΣmax @ 140 W (%)	0,749**	0,44	0,525*	0,754**	0,56*	0,608*
% VO₂max @ VT (%)	0,124	0,067	0,145	-0,002	0,152	0,264
CHOrate @ VT (gr.min ⁻¹)	0,253	0,262	0,113	0,126	0,413	0,254
PFmax (rpm)	0,05	-0,057	0,081	0,024	0,185	0,147
Απόλυτη Αναερόβια Ισχύς (W)	-0,354	-0,282	-0,317	-0,43	-0,261	-0,024
Σχετική Αναερόβια Ισχύς (W.kg⁻¹)	-0,515*	-0,609*	-0,142	-0,514*	-0,232	-0,155
Αναερόβια Ικανότητα (W)	-0,069	-0,022	-0,053	-0,106	-0,003	-0,034
Αναερόβια Κόπωση (%)	-0,338	-0,294	-0,552	-0,411	-0,42	0,203

*p< 0,05 **p< 0,01

Ο υψηλότερος συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε μεταξύ του $W @ VT$ και του T_{bike} (-0,852). Υψηλές συσχετίσεις παρουσιάστηκαν μεταξύ της VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1}$) και του T_{total} (-0,811), της VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1}$) και του T_{bike} (-0,803), της VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) και του T_{total} (-0,798), του W_{max} και του T_{total} (-0,783), του W_{max} και του T_{bike} (-0,813), του $W @ VT$ και του T_{total} (-0,796), της $\% K\Sigma_{max} @ 140 W$ και του T_{total} (-0,749) και της $\% K\Sigma_{max} @ 140 W$ και του T_{bike} (-0,754). Δεν παρατηρήθηκαν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των υπολοίπων φυσιολογικών παραμέτρων και των χρόνων των επί μέρους σκελών του τριάθλου, ούτε και με την τελική επίδοση. Οι παράμετροι αξιολόγησης της αναερόβιας ικανότητας (δοκιμασία Wingate) παρουσίασαν χαμηλές συσχετίσεις με όλους τους χρόνους των επί μέρους σκελών του τριάθλου.

Στον πίνακα 4.6 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης (stepwise multiple linear regression) με το T_{total} ως την εξαρτημένη μεταβλητή και ανεξάρτητες μεταβλητές τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τις φυσιολογικές παραμέτρους που προέκυψαν από τη μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο (πίνακας 4.4). Φαίνεται ότι η VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) είναι η κυρίαρχη προβλέπουσα μεταβλητή της συνολικής επίδοσης του τριάθλου μικρής διάρκειας ($R^2 = 0,573$). Όταν στο μοντέλο προστέθηκαν και οι μεταβλητές $Time_{CF}$, $CHOrate @ VT$ και $\% \text{ Σωματικό Λίπος}$, οι παραπάνω 4 μεταβλητές από κοινού μπόρεσαν να εξηγήσουν το 91% της διασποράς στην συνολική επίδοση του τριάθλου μικρής διάρκειας ($R^2 = 0,912$), ενώ μειώθηκε σημαντικά το σταθερό λάθος της πρόβλεψης της συνολικής επίδοσης από $\pm 244,87 \text{ sec}$ σε $\pm 126,59 \text{ sec}$.

Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή το Ttotal και ανεξάρτητες παραμέτρους τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τις φυσιολογικές παραμέτρους από τη μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο. (SEE standard error of estimate)

Model	R	R ²	Adjusted R ²	SEE
1	0,757 ^a	0,573	0,541	244,87
2	0.861 ^b	0,741	0,697	198,75
3	0,909 ^γ	0,827	0,779	169,65
4	0,955 ^δ	0,912	0,877	126,59

α. Ttotal (sec) = 8306,40 – 61,44 * VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹)

β. Ttotal (sec) = 8241,48 – 68,94 * VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) + 15,32 * Time_CF (sec)

γ. Ttotal (sec) = 7890,35 – 49,97 * VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) + 12,99 * Time_CF (sec) – 229,62 * CHOrate @ VT (gr.min⁻¹)

δ. Ttotal (sec) = 6386,76 – 34,92 * VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) + 15,55 * Time_CF (sec) – 241,39 * CHOrate @ VT (gr.min⁻¹) + 49,01 * % Σωματικό Λίπος

Στον πίνακα 4.7 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης με το Ttotal ως την εξαρτημένη μεταβλητή και τις ανθρωπομετρικές παραμέτρους και τις φυσιολογικές παραμέτρους από τις μετρήσεις στο κυκλοεργόμετρο (πίνακας 5) ως τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Φαίνεται ότι η VO₂max (ml.min⁻¹) στο ποδήλατο είναι η κυρίαρχη προβλέπουσα μεταβλητή της συνολικής επίδοσης του τριάθλου μικρής διάρκειας (R² = 0,657). Όταν στο μοντέλο πρόβλεψης προστέθηκαν και οι παράμετροι VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) και PFmax (rpm), οι παραπάνω 3 μεταβλητές από κοινού μπόρεσαν να εξηγήσουν το 88% της διασποράς στην συνολική επίδοση του τριάθλου μικρής διάρκειας (R² = 0,882), ενώ μειώθηκε σημαντικά το σταθερό λάθος της πρόβλεψης της συνολικής επίδοσης από ± 219,41 sec σε ± 140,13 sec.

Πίνακας 4.7. Ανάλυση σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης με το Ttotal ως την εξαρτημένη μεταβλητή και τις παραμέτρους της ανθρωπομετρίας και τις φυσιολογικές παραμέτρους από το δαπεδοεργόμετρο και το κυκλοεργόμετρο ως τις ανεξάρτητες μεταβλητές. (SEE standard error of estimate)

Model	R	R ²	Adjusted R ²	SEE
1	0,811 ^α	0,657	0,631	219,41
2	0,886 ^β	0,785	0,749	198,75
3	0,939 ^γ	0,882	0,850	140,13

α. Ttotal (sec) = 6907,60 – 0,474 * VO₂max (ml.min⁻¹)

β. Ttotal (sec) = 7261,18 – 0,3 * VO₂max (ml.min⁻¹) – 21,12 * VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹)

γ. Ttotal (sec) = 10874,66 – 0,39 * VO₂max (ml.min⁻¹) – 20,27 * VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) – 16,52 * PFmax (rpm)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η σχέση επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων, από δοκιμασίες στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο, για μέτρια προπονημένους τριαθλητές και της τελικής επίδοσης σε αγώνα τριάθλου μικρής διάρκειας. Η συνεισφορά συνδυασμού φυσιολογικών παραμέτρων στην απόδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας εξετάστηκε επίσης.

5.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Στα αποτελέσματα (Πίνακας 4.1) όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά του δείγματος, φαίνεται ότι οι τριαθλητές της παρούσας μελέτης ήταν μέτρια προπονημένοι συγκριτικά με εκείνους άλλων ερευνών (Schabort et al., 2000; Millet & Bentley, 2004; Roalstad, 1989; Sleivert & Rowlands, 1996) ενώ και η σωματική τους μάζα, το ύψος και το % λίπους, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στην παρούσα μελέτη. Ενδεικτικά οι τιμές της μάζας σώματος, ύψος και % λίπους που αναφέρονται από τον Schabort και τους συνεργάτες του (2000) είναι $72,1 \pm 4,7$ kg, $180,5 \pm 9,3$ cm και $9,7 \pm 2,4$ % ενώ από τους Millet & Bentley (2004) είναι $70,2 \pm 5,2$ kg, $177,9 \pm 4,8$ cm και $10,4 \pm 2,1$ %.

Παράλληλα, οι τιμές της VO_2max στο δαπεδοεργόμετρο και το κυκλοεργόμετρο ήταν χαμηλότερες στην παρούσα μελέτη συγκριτικά με άλλες έρευνες (Schabort et al., 2000; Albrecht et al., 1986; Kohrt et al., 1989; Roalstad 1989; O'Toole et al., 1987a). Σημαντικά υψηλότερες τιμές της VO_2max ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο, έχουν δημοσιεύσει ο Schabort και οι συνεργάτες $74,7 \pm 5,3$ και $69,9 \pm 4,5$ $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, αντίστοιχα, ενώ χαμηλότερες τιμές 57,69 και 56,26 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ αναφέρθηκαν από τον Albrecht και τους συνεργάτες του (1986) καθώς και τον Kohrt και τους συνεργάτες του (1989) 57,4 και 54,4 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

Υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες έρευνες σχετικές με τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά αθλητών μεμονωμένων αθλημάτων και την επίδραση των

φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση, ενώ πολύ λιγότερες έχουν παραγοντοποιήσει την επίδοση σε τρίαθλο. Από τις λίγες αυτές έρευνες ελάχιστες έχουν μελετήσει την απόδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας.

Το κύριο εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι, σε μέτρια προπονημένους τριαθλητές, και σε τρίαθλο μικρής διάρκειας μπορεί να γίνει πρόβλεψη της συνολικής επίδοσης με σχετικά ικανοποιητική ακρίβεια από επιλεγμένες φυσιολογικές παραμέτρους που προκύπτουν στη διάρκεια μέγιστης δοκιμασίας στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο. Στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι την υψηλότερη συσχέτιση με τη συνολική επίδοση είχαν οι μεταβλητές VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$), VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$), Wmax και W @ VT που προέκυψαν από τη μέγιστη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο.

Στα αποτελέσματα της σταδιακής πολλαπλής παλινδρόμησης με το T_{total} ως την εξαρτημένη μεταβλητή και τις ανθρωπομετρικές, και φυσιολογικές παραμέτρους από τις αξιολογήσεις στο δαπεδοεργόμετρο ως ανεξάρτητες μεταβλητές, φαίνεται ότι η σημαντικότερη ($r = -0,757$, $p < 0,01$) προβλέπουσα της συνολικής επίδοσης ήταν η VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι και τα ευρήματα προηγούμενων ερευνητών (O'Toole & Douglas, 1995), που αναφέρουν ότι σε μετρίου επιπέδου τριαθλητές η VO_2max φαίνεται να ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος της διασποράς της επίδοσης σε τρίαθλα μικρότερης διάρκειας (Ολυμπιακής απόστασης και ταχύτητας). Σε διαφορετικές ωστόσο αποστάσεις τρίαθλου, σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι και τα ευρήματα του Schabort και των συνεργατών του (2000) όπου βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της δρομικής VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = 0,8$) σε τρίαθλο Ολυμπιακής απόστασης. Οι O'Toole, Hiller, Crosby & Douglas (1987b) αναφέρουν χαμηλότερη συσχέτιση μεταξύ της VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = 0,58$) σε Ironman τρίαθλο. Υψηλοί συντελεστές συσχέτισης ($r = -0,73$ έως $-0,89$) μεταξύ της VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} έχουν δημοσιευθεί σε Half Ironman και Ολυμπιακής απόστασης τρίαθλο και από άλλες ερευνητικές ομάδες (Kohrt et al 1989; Butts et al 1991; Miura, Kitagawa & Ishiko 1997; Millet & Bentley 2004).

Σε τρίαθλο μικρής διάρκειας (Van Schuylenbergh et al., 2004) αναφέρεται υψηλή σχετικά συσχέτιση μεταξύ της VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = -0,69$). Η μικρή διαφορά με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορεί να οφείλεται σε τεχνικές διαφορές στα επιμέρους αγωνίσματα, καθότι στην έρευνα του Van Schuylenbergh και των συνεργατών του (2004) η απόσταση κολύμβησης ήταν 500m συγκριτικά με τα 750m που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ενώ επιτρεπόταν οι αθλητές στο σκέλος του ποδηλάτου να αγωνίζονται ακριβώς πίσω από προπορευόμενο αθλητή (κολλητήρι). Σε αγώνες τριάθλου όπου επιτρέπεται το κολλητήρι στο ποδήλατο αλλάζει η στρατηγική του αγώνα καθώς οι τριαθλητές πραγματοποιούν το ποδηλατικό σκέλος με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας (εκμεταλλευόμενοι τη δημιουργία ομάδων) εξοικονομώντας έτσι όσο το δυνατό περισσότερη ενέργεια για το δρομικό σκέλος που είναι και το τελευταίο και καθοριστικό για την έκβαση του αγώνα (Vleck, Burgi & Bentley, 2006).

Σε αντίθεση όμως με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι τα ευρήματα άλλης μελέτης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας (Taylor, Smith & Vleck, 2011) όπου παρατηρήθηκαν χαμηλοί συντελεστές συσχέτισης (VO_2max $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ vs T_{total} , $r = -0,34$ $p > 0,05$) μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο και του T_{total} . Στην μελέτη του Taylor και των συνεργατών του (2011) η αγωνιστική δοκιμασία τριάθλου μικρής διάρκειας έγινε ως προσομοίωση αγώνα τριάθλου μέσα σε εργαστήριο. Το σκέλος της κολύμβησης στην παραπάνω έρευνα (750 m) πραγματοποιήθηκε σε πισίνα 25m, η ποδηλασία σε σταθερό έργο 500 kJ σε κυκλοεργόμετρο και 5 km τρέξιμο σε δαπεδοεργόμετρο, ενώ στην παρούσα έρευνα οι δοκιμαζόμενοι έκαναν κολύμβηση σε ανοικτή θάλασσα, 20 km ποδήλατο σε διαδρομή με μικρές κλίσεις και 5 km τρέξιμο σε επίπεδη διαδρομή.

Σε αντίθεση επίσης με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι και τα ευρήματα των O'Toole, Hiller, Crosby & Douglas (1987a). Σε απόσταση αγώνα τριάθλου Ironman, δεν παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της δρομικής VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = 0,19$) ούτε και μεταξύ της ποδηλατικής VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = 0,04$). Η εξήγηση που

δόθηκε από τους ερευνητές ήταν ότι επειδή η διάρκεια ενός αγώνα Ironman είναι πολύ μεγάλη (8-17 h) υπάρχουν και άλλοι παράγοντες εκτός από την $\text{VO}_{2\text{max}}$, όπως η ενεργειακή οικονομία, ο καιρός, η ψυχολογία, τα ενεργειακά αποθέματα και η αφυδάτωση που πιθανό να επηρεάζουν την επίδοση των τριαθλητών περισσότερο από την $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Η δεύτερη φυσιολογική μεταβλητή που ήταν σημαντική προβλέπουσα της επίδοσης (Πίνακας 4.6) ήταν η Time_CF (sec) από την αναερόβια δοκιμασία Cunningham-Faulkner. Απ'ότι γνωρίζουμε αυτή είναι η πρώτη φορά που αναφέρεται συσχέτιση μεταξύ παραμέτρου από αναερόβια δοκιμασία τρεξίματος και της επίδοσης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας. Η σημαντική συνεισφορά μίας παραμέτρου όπως η Time_CF στην επίδοση τρίαθλου μικρής διάρκειας είναι πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη συνεισφορά των αναερόβιων ενεργειακών συστημάτων στις συνολικές ενεργειακές ανάγκες σε τόσο μικρής διάρκειας τρίαθλα.

Σημαντικό ακόμα ποσοστό διαφοροποίησης της επίδοσης εξηγεί και ο CHORate @ VT ($\text{gr} \cdot \text{min}^{-1}$) σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Αυτή είναι η πρώτη μελέτη που εξετάζει τη σχέση του ρυθμού κατανάλωσης υδατανθράκων στο VT (AK) στο τρέξιμο και της επίδοσης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας. Υπάρχουν ωστόσο και άλλες μελέτες που αναφέρουν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων έκφρασης του AK και της επίδοσης τόσο στα μεμονωμένα αθλήματα κολύμβησης, ποδηλασίας και δρόμου αλλά και στο τρίαθλο. Σε ποδηλάτες YE ο Coyle και οι συνεργάτες του (1991) αναφέρουν ότι η VO_2 που αντιστοιχεί στο AK μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια την επίδοση σε ατομική χρονομέτρηση 40 km. Σε τρίαθλο μικρής διάρκειας (Van Schuylenbergh et al 2004) αναφέρθηκαν συσχετίσεις ($r = -0,51$ έως $r = -0,73$) μεταξύ της VO_2 (στο δαπεδοεργόμετρο) που αντιστοιχεί στο AK (Maximal Lactate Steady State, MLSS) και της επίδοσης.

Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αναφορικά με την επίδραση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών στην επίδοση στο τρίαθλο είναι και τα ευρήματα του Knechtle και των συνεργατών του (2015). Αυτή η ερευνητική ομάδα παρατήρησε ότι το % λίπους ήταν η σημαντικότερη

προβλέπουμε παράμετρος της συνολικής επίδοσης σε τρίαθλο απόστασης Half Ironman και Ironman. Το ίδιο παρατηρήθηκε και σε άλλη μελέτη (Landers et al 2000) όπου το % λίπος ήταν μία από τις 4 σημαντικότερες παραμέτρους που προέκυψαν ύστερα από παραγοντική ανάλυση κατά τον προσδιορισμό μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη του χρόνου τερματισμού τριαθλητών υψηλού επιπέδου σε αγώνες τριάθλου Ολυμπιακής απόστασης.

Ο συνδυασμός των παραπάνω φυσιολογικών παραμέτρων (VO_2max ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$), Time_CF, CHORate @ VT και % λίπος) μπόρεσαν να εξηγήσουν το 91% της διασποράς της επίδοσης τριάθλου μικρής διάρκειας.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η vVO_2max δεν επιλέχθηκε από το μοντέλο πρόβλεψης και παρουσίασε χαμηλή συσχέτιση με το Ttotal ($r = -0,368$) και μέτρια με το Trun ($r = -0,575$). Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι τα ευρήματα του Shabot και των συνεργατών του (2000) οι οποίοι, σε ΥΕ τριαθλητές και σε Ολυμπιακή απόσταση τριάθλου με κολλητήρι στο ποδήλατο, αναφέρουν υψηλότερη συσχέτιση της vVO_2max τόσο με το Ttotal ($r = -0,84$, $p < 0,01$) όσο και με το Trun ($r = -0,85$, $p < 0,01$). Οι Millet & Bentley (2004) έχουν δημοσιεύσει επίσης υψηλή συσχέτιση ($r = -0,92$) μεταξύ του Ttotal και της μέσης ταχύτητα τρεξίματος v_{run} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) στο δρομικό σκέλος (10 km) σε Ολυμπιακού τριάθλου. Οι διαφορές της παρούσας έρευνας με τις παραπάνω μελέτες πιθανό να οφείλονται στο διαφορετικό επίπεδο των τριαθλητών, την διαφορετική απόσταση αγώνα τριάθλου, και σε διαφορές στους κανονισμούς του ποδηλατικού σκέλους καθότι σε υψηλού επιπέδου αγώνες τριάθλου, με επιτρεπόμενο κολλητήρι στο ποδήλατο, είναι γενικά παραδεκτό ότι το τρέξιμο είναι αυτό που επηρεάζει καθοριστικά την τελική επίδοση. Σε αποτελέσματα παλαιότερων μελετών (Noakes et al 1990) φαίνεται επίσης ότι σε έμπειρους δρομείς αποστάσεων 10 έως 90 km η vVO_2max από μόνη της ευθύνεται για >80% της διασποράς της επίδοσης συγκριτικά με την VO_2max .

Σε μερική συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αναφορικά με την συσχέτιση της vVO_2max με το Ttotal ($r = -0,368$) και το Trun ($r = -0,575$) είναι και τα αποτελέσματα του Taylor και των συνεργατών του (2011) οι οποίοι εξέτασαν ένα τρίαθλο μικρής διάρκειας και ανέφεραν χαμηλή

συσχέτιση μεταξύ $vVO_2\max$ και T_{total} ($r = -0,437$) αλλά υψηλή συσχέτιση μεταξύ $vVO_2\max$ και T_{run} ($r = -0,9$). Στην ίδια μελέτη παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ του T_{total} και του T_{bike} ($r = -0,93$) ενώ χαμηλότερη μεταξύ του T_{total} και του T_{swim} ($r = -0,558$ $p > 0,05$) και μεταξύ του T_{total} και του T_{run} ($r = -0,521$). Τα ευρήματα αυτά είναι σε μερική συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης T_{total} vs T_{bike} ($r = 0,961$), T_{total} vs T_{swim} ($r = 0,731$) και T_{total} vs T_{run} ($r = 0,63$).

Η ταχύτητα τρεξίματος στο AK, (vVT) στην παρούσα μελέτη παρουσίασε μέτρια συσχέτιση με το T_{total} ($r = -0,628$, $p < 0,01$) και το T_{run} ($r = -0,674$, $p < 0,01$). Χαμηλοί συντελεστές συσχέτισης (Taylor et al 2011) έχουν δημοσιευθεί και σε άλλες μελέτες μεταξύ της ταχύτητας τρεξίματος που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα 4mmol.l^{-1} ($v4\text{mmol}$) και του T_{total} ($r = -0,417$, $p = 0,353$) ενώ η $v4\text{mmol}$ ευθυνόταν για τη μεγαλύτερη διασπορά της επίδοσης στο T_{run} ($r = -0,822$, $p < 0,05$). Οι Kohrt και συνεργάτες (1989) ανέφεραν ότι το LT μπορεί να εξηγήσει το 67% ($r = -0,82$) της διασποράς στο T_{run} και 52% ($r = -0,72$) στο T_{bike} σε τρίαθλο απόστασης Half Ironman, χωρίς όμως να παρουσιάσουν τιμές για τις συσχετίσεις μεταξύ του LT και του T_{total} .

Όσον αφορά τη δρομική οικονομία στα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φαίνεται ότι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της VO_2 σε ταχύτητα 12km.h^{-1} και του T_{total} ($r = -0,074$) είναι ιδιαίτερα χαμηλός ενώ με αυτό συμφωνούν και τα αποτελέσματα άλλης μελέτης (Van Schuylenbergh et al, 2004) όπου η VO_2 ($\text{ml.min}^{-1}.\text{kg}^{-1}$) σε ταχύτητα 13km.h^{-1} και 15km.h^{-1} εμφανίζει πολύ χαμηλή συσχέτιση με το T_{total} $r = 0,08$ και $0,06$ αντίστοιχα.

Στην παρούσα μελέτη έγινε σταδιακή πολλαπλή παλινδρόμηση με το T_{total} ως την εξαρτημένη μεταβλητή με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τις φυσιολογικές παραμέτρους από τις δοκιμασίες στο κυκλοεργόμετρο ως ανεξάρτητες μεταβλητές, όπου τα αποτελέσματα έδειξαν (Πίνακας 7) ότι η σημαντικότερη προβλέπουσα της συνολικής επίδοσης ήταν η $VO_2\max$ (ml.min^{-1}) η οποία είχε και υψηλή συσχέτιση με το T_{total} ($r = -0,811$, $p < 0,01$) και με το T_{bike} ($r = -0,803$, $p < 0,01$).

Η σχετική τιμή της $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) παρουσίασε επίσης υψηλή συσχέτιση με το T_{total} ($r = -0,798$, $p < 0,01$).

Υψηλοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της ποδηλατικής $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = -0,71$, $p < 0,05$) αναφέρονται και από άλλες ερευνητικές ομάδες σε τρίαθλο μικρής διάρκειας (Van Schuylenbergh et al., 2004). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι επίσης σε συμφωνία με εκείνα του Schabort και των συνεργατών του (2000) σε τρίαθλο Ολυμπιακής απόστασης με ΥΕ δοκιμαζομένους και επιτρεπόμενο κολλητήριο στο ποδήλατο. Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκαν υψηλοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της ποδηλατικής $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{bike} ($r = -0,80$, $p < 0,01$), της $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) και του T_{bike} ($r = -0,85$, $p < 0,01$), της $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ($r = -0,80$, $p < 0,01$) και της $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) και του T_{total} ($r = -0,82$, $p < 0,01$).

Σε αντίθεση όμως με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι τα ευρήματα άλλης μελέτης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας (Taylor, Smith & Vleck, 2011) όπου παρουσιάσθηκαν χαμηλές συσχετίσεις μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων στο κυκλοεργόμετρο και του T_{total} . Σε αυτή τη μελέτη, η συσχέτιση μεταξύ της ποδηλατικής $VO_2\max$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) και του T_{total} ήταν $r = -0,082$. Οι διαφορές μπορεί να οφείλονται στο ότι στην έρευνα του Taylor και των συνεργατών του (2011) η αγωνιστική δοκιμασία τρίαθλου μικρής διάρκειας έγινε μέσα στο εργαστήριο σαν προσομοίωση αγώνα τρίαθλου, ενώ στην παρούσα έρευνα οι δοκιμαζόμενοι έκαναν πραγματικό αγώνα τρίαθλου σε εξωτερικό χώρο και κολύμβηση σε ανοικτή θάλασσα.

Το έργο που αντιστοιχεί στην $VO_2\max$, στο κυκλοεργόμετρο, (W_{max}) στην παρούσα μελέτη παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με το T_{bike} ($r = -0,813$, $p < 0,01$) καθώς επίσης και με το T_{total} ($-0,783$, $p < 0,01$). Ο Whyte και οι συνεργάτες του (2000) σε μεγαλύτερη απόσταση τρίαθλου αναφέρουν σημαντική συσχέτιση μεταξύ της W_{max} και του T_{bike} για απόσταση Half Ironman ($r = -0,66$, $p < 0,05$) αλλά χαμηλότερη συσχέτιση για απόσταση Ironman ($r = -0,45$). Σε τρίαθλο μικρής διάρκειας, η ίδια ερευνητική ομάδα παρουσίασε χαμηλή συσχέτιση μεταξύ της W_{max} και του T_{total} ($r = -0,687$, $p = 0,08$). Επίσης,

αναφέρουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της W_{max} και του T_{run} ($r = -0,844$, $p=0,08$), ενώ στην παρούσα έρευνα η συσχέτιση μεταξύ της W_{max} και του T_{run} ήταν σημαντικά χαμηλότερη ($r = -0,422$). Στην έρευνα του Van Schuylenbergh και των συνεργατών του (2004) δεν παρουσιάστηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της W_{max} και του T_{total} . Όμως τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αναφορικά με την W_{max} είναι σε συμφωνία με εκείνα άλλης έρευνας (Schabert et al., 2000) σε Ολυμπιακό τρίαθλο όπου αναφέρθηκαν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ της W_{max} και του T_{bike} ($r = -0,91$, $p<0,01$) καθώς και μεταξύ της W_{max} και του T_{total} ($r = -0,86$, $p<0,01$). Επίσης τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αναφορικά με την W_{max} είναι σε συμφωνία με τη μελέτη των Alvero-Cruz & Ronconi (2011) στην οποία όμως εξετάστηκε διάθλο μικρής διάρκειας (5 km τρέξιμο, 20 km ποδηλασία, 2,5 km τρέξιμο). Σε αυτή τη μελέτη έγινε συσχέτιση επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στο δαπεδοεργόμετρο και στο κυκλοεργόμετρο με την επίδοση σε δύο αγώνες διάθλου μικρής διάρκειας. Η συσχέτιση της W_{max} με το T_{total} ήταν συστηματικά υψηλή και στους 2 αγώνες $r = 0,79$ και $r = 0,86$ αντίστοιχα.

Το έργο στο VT στο κυκλοεργόμετρο ($W @ VT$) στην παρούσα μελέτη παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με το T_{bike} ($r = -0,852$, $p<0,01$) καθώς επίσης και με το T_{total} ($-0,796$, $p<0,01$). Καθώς η ένταση άσκησης που αντιστοιχεί στο VT είναι κοντά στην ένταση που αντιστοιχεί σε αγωνιστικό ρυθμό περίπου μίας ώρας, είναι αναμενόμενο το έργο στο VT να παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με την επίδοση. Αντίστοιχα, υψηλή συσχέτιση βρέθηκε στην έρευνα του Schabert και των συνεργατών του (2000) μεταξύ της συγκέντρωσης γαλακτικού για υπομέγιστο φορτίο 4 W.kg^{-1} του T_{bike} ($r = -0,90$, $p<0,01$) και του T_{total} ($r = -0,92$, $p<0,01$) για 40 km ποδηλασίας σε Ολυμπιακό τρίαθλο. Ο Coyle και οι συνεργάτες του (1991) παρατήρησαν ότι η VO_2 στο LT και το έργο που αντιστοιχούσε σε μέγιστη προσπάθεια ποδηλασίας μίας ώρας πάνω σε κυκλοεργόμετρο ($r = -0,88$) ήταν σημαντικές προβλέπουσες παράμετροι του χρόνου τερματισμού σε ατομική χρονομέτρηση 40 km ποδηλασίας. Σε άλλη μελέτη (Alvero-Cruz & Ronconi, 2011) η $W @ VT$ παρουσιάζεται ως σημαντική προβλέπουσα για τη συνολική επίδοση σε διάθλο μικρής διάρκειας ($r = 0,91$).

Η ενεργειακή οικονομία, έχει θεωρηθεί από κάποιους ερευνητές (Kohrt et al., 1989; Laurensen et al., 1993) ότι μπορεί να έχει μεγάλη προβλεπτική ικανότητα για το T_{total} , ίσως μεγαλύτερη και από την VO_{2max} στα διάφορα σκέλη του τριάθλου. Στην παρούσα μελέτη τόσο η δρομική οικονομία, (VO_2 ml.kg⁻¹.min⁻¹ @ 12km.h⁻¹) όσο και η ποδηλατική οικονομία, (VO_2 ml.kg⁻¹.min⁻¹ @ 140 W) παρουσίασαν χαμηλές συσχετίσεις με την επίδοση στα επί μέρους σκέλη καθώς και τη συνολική επίδοση του αγώνα. Σε μελέτη του Schabort και των συνεργατών του (2000) σε Ολυμπιακό τρίαθλο δεν παρατηρήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ της ενεργειακής οικονομίας και της επίδοσης.

Σε μία άλλη έρευνα του Dengel και συνεργατών (1989), οι ερευνητές υπολόγισαν τα % ποσοστά της VO_{2max} για υπομέγιστες εντάσεις σε κολύμβηση (1 m.s⁻¹), ποδηλασία (200 W) και τρέξιμο (12 km.h⁻¹) και βρήκαν ότι αυτά είχαν σημαντική συσχέτιση με την επίδοση στο κολυμβητικό ($r = 0,91$), ποδηλατικό ($r = 0,78$) και δρομικό σκέλος ($r = 0,86$) αντίστοιχα, ενός αγώνα Half Ironman. Στατιστικά σημαντική σχέση ($r = 0,61$) μεταξύ της ενεργειακής οικονομίας ως % VO_{2max} (αλλά όχι της κατανάλωσης οξυγόνου VO_2 σε ml.kg⁻¹.min⁻¹ ούτε σε l.min⁻¹) σε κυκλοεργόμετρο σε υπομέγιστη ένταση (160 W) και της επίδοσης στο ποδηλατικό σκέλος ενός αγώνα Ironman παρουσιάστηκε σε μία ακόμα έρευνα (O'Toole, Douglas & Hiller, 1989b).

Η PF_{max} (rpm) είναι μια ακόμα φυσιολογική μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε συνδυαστικά στο μοντέλο πρόβλεψης της συνολικής επίδοσης. Είναι η πρώτη φορά που αναφέρεται συσχέτιση μεταξύ της PF_{max} και της επίδοσης σε τρίαθλο μικρής διάρκειας.

Στην παρούσα έρευνα, από κοινού, οι τρεις παραπάνω φυσιολογικές παράμετροι, η VO_{2max} (ml.min⁻¹), η VO_{2max} (ml.min⁻¹.kg⁻¹) και η PF_{max} ευθύνονται για το 88% της διασποράς στις τιμές της επίδοσης τριάθλου μικρής διάρκειας.

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, φαίνεται ότι για άνδρες μέτρια προπονημένους τριαθλητές και απόσταση τριάθλου μικρής διάρκειας, οι φυσιολογικές μεταβλητές από το κυκλοεργόμετρο είναι οι πιο σημαντικές όσον αφορά την πρόβλεψη της τελικής επίδοσης. Επομένως, η

ποδηλατική ικανότητα των τριαθλητών φαίνεται ότι έχει μεγαλύτερη επίδραση στην συνολική επίδοση συγκριτικά με την ικανότητά τους στο κολύμπι ή το τρέξιμο.

5.2. Σχετικά με τις ερευνητικές υποθέσεις

Σχετικά με τις ερευνητικές υποθέσεις τα αποτελέσματα έδειξαν ότι

1. Στο τρέξιμο, το έργο που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι, vVT παρουσίασε υψηλότερη συσχέτιση ($r = -0,674$) με το $Trun$ συγκριτικά με την VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$, $r = -0,226$) και την VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1}$, $r = -0,51$). Στο κυκλοεργόμετρο, το έργο που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι $W @ VT$ παρουσίασε χαμηλότερη συσχέτιση ($-0,465$) με το $Tbike$ συγκριτικά με την VO_{2max} σε απόλυτες τιμές ($r = -0,528$, $p < 0,05$) και σε σχετικές τιμές ($r = -0,531$, $p < 0,05$).
2. Η ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχεί στην VO_{2max} , παρουσίασε σημαντική αλλά όχι υψηλή συσχέτιση με το $Trun$ ($r = -0,575$, $p < 0,05$). Η vVO_{2max} παρουσίασε επίσης χαμηλή συσχέτιση με το $Ttotal$ ($-0,368$). Στο κυκλοεργόμετρο, το $Wmax$ παρουσίασε σημαντική υψηλή συσχέτιση με το $Tbike$ ($r = -0,813$, $p < 0,01$). Το $Wmax$ παρουσίασε επίσης υψηλή συσχέτιση με το $Ttotal$ ($-0,783$, $p < 0,01$).
3. Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ($p = 0,03$) μεταξύ της VO_{2max} στο τρέξιμο ($52,64 \pm 4,45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) και στο ποδήλατο ($49,34 \pm 8,03 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) όπως έχουν αναφέρει και άλλες μελέτες (Roalstad, 1989; Hue et al., 2000; Schabort et al., 2000; Kohrt et al., 1989) ενώ άλλες (Suriano and Bishop, 2010) δεν αναφέρουν σημαντική διαφορά στην παράμετρο μεταξύ των δύο τύπων άσκησης. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο χαμηλότερο επίπεδο των δοκιμαζόμενων της παρούσας μελέτης ή ακόμα ότι οι δοκιμαζόμενοι της παρούσας μελέτης ξεκίνησαν το τρίαθλο ύστερα από πρώην ενασχόληση με μεμονωμένο άθλημα, ενώ στις άλλες μελέτες οι τριαθλητές ξεκίνησαν με το τρίαθλο ως το πρώτο τους άθλημα.

4. Το %VO₂max @ VT στην άσκηση στο δαπεδοεργόμετρο (78,92±2,68 %) ήταν σημαντικά υψηλότερο (p<0,001) συγκριτικά με την άσκηση στο κυκλοεργόμετρο (72,13±3,80 %)

5.3. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, σε μέτρια προπονημένους τριαθλητές και για τρίαθλο μικρής διάρκειας, η τελική επίδοση συσχετίζεται υψηλά με:

- (r = -0,75) την VO₂max (ml.kg⁻¹.min⁻¹) και τον CHOrate @ VT (r = -0,74) στο τρέξιμο.
- την απόλυτη (r = -0,811) και σχετική (r = -0,798) τιμή της VO₂max καθώς και την W @ VT (r = -0,796) και την Wmax (r = -0,783) στο κυκλοεργόμετρο.
- τον συνδυασμό (R² = 0,91) της VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹), Time_CF, CHOrate @ VT και % Σωματικό λίπος στο τρέξιμο.
- τον συνδυασμό (R² = 0,882) VO₂max (ml.min⁻¹), VO₂max (ml.min⁻¹.kg⁻¹) και PFmax (rpm) στο κυκλοεργόμετρο.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα που προκύπτουν με την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης είναι:

- Η διερεύνηση της συνεισφοράς επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας όπου να περιλαμβάνεται και αξιολόγηση σε πισίνα.
- Η διερεύνηση της συνεισφοράς επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας για διαφορετικού επιπέδου τριαθλητές (εθνικού ή διεθνούς επιπέδου).
- Η διερεύνηση της συνεισφοράς επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας για αγώνες όπου επιτρέπεται το

κολλητήρι στο ποδήλατο και όπου αλλάζει η στρατηγική του ελέγχου ρυθμού από τους τριαθλητές στο κολύμπι, στο ποδήλατο και στο τρέξιμο.

- Η διερεύνηση της συνεισφοράς και άλλων επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση τριάθλου μικρής διάρκειας όπως π.χ. η συγκέντρωση γαλακτικού για υπομέγιστες εντάσεις κοντά στον αγωνιστικό ρυθμό στο τρέξιμο (π.χ. 11 km.h^{-1} και 13 km.h^{-1}) ή στο ποδήλατο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Albrecht, T. J., Foster, V. L., Dickinson, V. L. & Debever, J. M. (1986). Triathletes: Exercise parameters measured during bicycle, swim bench and treadmill testing (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exer.* 25, S86.
- Anderson, G. S., & Rhodes, E. C. (1989). A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sp. Med.* 8(1), 43-55.
- Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E. & Batterham, A. M. (2001). Peak power output, the lactate threshold and time trial performance in cyclists. *Med. Sci. Sp. Exer.* 25, 871-876.
- Bentley, D. J., Libicz, S., Jougla, A., Coste, O., Manetta, J., Chamari, K. & Millet, G. P. (2007). The effects of exercise intensity or drafting during swimming on subsequent cycling performance in triathletes. *J. Sci. Med. Sp.* 10, 234-243.
- Bentley, D. J., Millet, G. P., Vleck, V. E., & McNaughton, L. R. (2002). Specific aspects of contemporary triathlon. Implications for physiological analysis and performance. *Sp. Med.* 32(6), 345-359.
- Bentley, D. J., Wilson, G. J., Davie, A. J. & Zhou, S. (1998). Correlations between peak power output, muscular strength and cycle time trial performance in triathletes. *J. Sp. Med. Phys. Fitness.* 38(3), 201-207.
- Bernard, T., Vercruyssen, F., Grego, F., Hausswirth, C., Lepers, R., Vallier, J-M. & Brisswalter, J. (2003). Effect of cycling cadence on subsequent 3 Km running performance in well trained triathletes. *Br. J. Sports Med.*, 37, 154-159.
- Berry, M. J., Pollock, W. E., van Nieuwenhuizen, K., & Brubaker, P. H. (1994). A comparison between aero and standard racing handlebars during prolonged exercise. *Int. J. Sp. Med.*, 15, 16-20.

- Billat, V. L., Demarle, A., Slawinski, J., Paiva, M., & Koralsztein, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 33, 2089-2097.
- Blond, E., Maitrepierre, C., Normand, S., Sothier, M., Roth, H., Goudable, J., & Laville, M. (2011). A new indirect calorimeter is accurate and reliable for measuring basal energy expenditure, thermic effect of food and substrate oxidation in obese and healthy subjects. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 6(1), e7–e15.
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16(1), 55-58.
- Brooks, G. A., (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 17, 22-31.
- Butts, N. K., Henry, B. A., & McLean, D. (1991). Correlations between VO₂max and performance times in recreational triathletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness. Exer.*, 31(3), 339-344.
- Cejuela, R., Cala, A., Perez-Turpin, J. A., Villa, J. G., Cortell, J. M. & Chinchilla J. J. (2013). Temporal activity in particular segments and transitions in the Olympic triathlon. *J. Hum. Kinetics*. 36, 87-95.
- Chatard, J. C., Collomp, C., Maglischo, E., & Maglischo, C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *Int. J. Sp. Med.* 11, 156-161.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, G., Drogheti, P. & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by non-invasive field test in runners. *J. Appl. Physiol.*, 52, 869-873.
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance. *Med. Sci. Sp. Ex.* (4), 248-252.
- Costill, D. L., Kovalevski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R. & King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle distance events. *Int. J. Sp. Med.* 6, 266-270.

- Costill, D. L., Thomason, H., & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running . *Med. Sci. Sp.* 5 (4), 248-252.
- Coyle, E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc. Sp. Sci. Rev.*, 23, 25-63.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hopper, M. K., & Walters, T. J. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J. App. Physiol.*, 64(6), 2622-2630.
- Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., Abraham, L. D. & Petrek, G. W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 23, 93-107.
- Cullen, L. K., Andrew, K., Lair, K. R., Widger, M. J., & Timson, B. F. (1992). Efficiency of trained cyclists using circular and noncircular chainrings. *Int. J. Sp. Med.*, 13, 264-269.
- Davis, J. A., Frank, M. H., Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *J. Appl. Physiol.*, 46 (6), 1039-1046.
- De Vito, G., Bernardi. M., Sproviero, E. & Figura, F. (1995). Decrease in endurance performance during Olympic triathlon. *Int. J. Sp. Med.* 16 (1), 24-28.
- 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. *Int. J. Sp. Med.* 23, 93-98.
- Dengel, D. R., Flynn, M. G., Costill, D. L., Kirwan, J. P., Beltz, J. D. & Neufer, P. D. (1986). Metabolic determinants of success during triathlon competition. *Med. Sci. Sp. Exer.* 18(2), S87.
- Dengel, D. R., Flynn, M. G., Costill, D. L., & Kirwan, J. P. (1989). Determinants of success during triathlon competition. *Res. Quar. Exer. Sp.* 60(3), 234-238.

- Di Prampero, P. E., Pendergast, D. R., Wilson, D. W., & Rennie, D. W. (1974). Energetics of swimming in man. *J. Appl. Physiol.*, 37 (1), 1-5.
- Durnin, J.V.G.A., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97.
- Edvardsen, E., Hem, E., Anderssen, S.A. (2014). End Criteria for Reaching Maximal Oxygen Uptake Must Be Strict and Adjusted to Sex and Age: A Cross Sectional Study. *PLoS ONE*, 9(1), e85276. doi:10.1371/journal.pone.0085276
- Farrell, P. A., Wilmore, J. H., Coyle, E. F., Billing J. E. & Costill, D. L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 11(4), 338-344.
- Frohlich, M., Klein, M., Pieter A., Emrich E. & Giebing, J. (2008). Consequences of the three disciplines on the overall result in Olympic-distance triathlon. *Int. J. Sp. Sci. Eng.*, 2(4), 204-210.
- Gonzalez-Haro, C., Gonzalez-de-Suso, J. M., Padulles, J. M., Drobic, F. & Escanero, J. F. (2005). Physiological adaptation during short distance triathlon swimming and cycling sectors simulation. *Physiol. Behav.*, 86, 467-474.
- Hauswirth, C., Lehenaff, D., Dreano, P. & Savonen, K. (1999). Effects of cycling alone or in a sheltered position on subsequent running performance during a triathlon. *Med. Sci. Sp. Exer.* 31(4), 599-604.
- Hauswirth, C., Le Meur, Y., Bieuzen, F., Brisswalter, J., & Bernard, T. (2010). Pacing strategy during the initial phase of the run in triathlon: influence on overall performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 108, 1115-1123.
- Hauswirth, C., Vallier, J. M., Lehenaff, D., Brisswalter, J., Smith D., Millet, G. & Dreano, P. (2001). Effect of two drafting modalities in cycling on running performance. *Med. Sci. Sp. Exer.* 25, 871-876.

- Hawley J. A., & Noakes, T. D., (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur. J. Appl. Phys.* 65, 79-83.
- Holly, R. G., Barnard, R. J., Rosenthal, M., Applegate, E. & Pritikin, N. (1986). Triathlete characterization and response to prolonged strenuous competition. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 18 (1), 123-127.
- Holmer I. (1974). Energy cost of arm stroke, leg kick, and the whole stroke in competitive swimmin styles. *Eur. J. Appl. Phys.* 33,105-118.
- Hue, O., Le Gallais, D., Boussana, A. Chollet, D., & Prefaut, C. (2000a). Performance level and cardiopulmonary responses during a cycle-run trial. *Med. Sci. Sp. Exerc.* 21, 250-255.
- Hue, O., Le Gallais, D., Chollet, D., Boussana, A. & Prefaut, C. (1998). The influence of prior cycling on biomechanical and cardiorespiratory response profiles during running in triathletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 77, 98-105.
- Hue, O., Le Gallais, D., Boussana, A., Chollet, D. & Prefaut, C. (1999). Ventilatory responses during experimental cycle-run transition in triathletes. *Med. Sci. Sp. Exer.* 31, 1422-1428
- Hue, O., Le Gallais, D., Chollet, D. & Prefaut, C. (2000b). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. *Can. J. Appl. Physiol.* 25(2), 102-113.
- Hue, O. (2003). Prediction of drafted-triathlon race time from submaximal laboratory testing in elite triathletes. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 25, 871-876.
- Knechtle, B., Knechtle, P. & Lepers R. (2011). Participation and performance trends in ultra-triathlons from 1985 to 2009. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 21, e82-e90.
- Knechtle, B., Knechtle, P., Stiefel, M., Zingg, M. A., Rosemann, T. & Rust, C. A. (2015). Variables that influence Ironman triathlon performance – what changed in the last 35 years?. *Sports Med.*, 6, 277-290.
- Kohrt, W. M., Morgan, D. W., Bates, B., & Skinner, J. S. (1987a). Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling, and running. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 19, 51-55.

- Kohrt, W. M., O'Connor, J. S., & Skinner, J. S. (1987b). Effects of reduced trianing on the physiological profile of triathletes (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exer., (Suppl)*, S48.
- Kohrt, W. M., O'Connor, J. S., & Skinner, J. S. (1989). Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Med. Sc. Sp. Exerc.* 21, 569-575.
- Krebs, P. S., Zinkgraf, S., & Virgilio, S. J. (1986). Predicting competitive bicycling performance with training and physiological values *Sports Med.*, 26, 323-330.
- Kreider, R. B., Boone, T., Thompson, W. R., Burkes, S. & Cortes, C. (1988a). Cardiovascular and thermal responses of triathlon performance. *Med. Sci. Sp. Exer.* 25, 871-876.
- Kumagai, S., Tanaka, K., Matsuura, Y., Matsuzaka, A, Harikoba, K. & Asano, K. (1982). Relationship of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km, and 10 mile races. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49, 13-23.
- Landers, G. J., Blanksby, B. A., Ackland, T. R. & Smith, D. (2000). Morphology and performance of world championship triathletes. *Ann. Hum. Biol.* 27, 387-400.
- Langill, R. (1993). Prediction of triathlon performance from ventilatory threshold measurements. *M. S. Thesis, Univ. British Columbia, Canada.*
- Laurenson N. M., Fulcher K. Y & Korkia P. (1993). Physiological characteristics of elite and club level female triathletes during running. *Int. J. Sp. Med.*, 14, 455-459.
- Laursen, P. B., (2011). Long distance triathlon: demands, preparation and performance. *J. Human Sport and Exerc.*, 6(2), 247-263.
- Laursen, P. B., & Rhodes, E. C. (2001). Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon. *Sports Med.*, 31(3), 195-209.
- Laursen P. B., Rhodes, E. C. & Langill R. H. (2000). The effect of 3000-m swimming on subsequent 3-h cycling performance: implications for ultraendurance triathletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 83, 28-33.

- Laursen, P. B., Rhodes, E. C., Langill, R. H., McKenzie, D. C. & Taunton, J. E. (2002). Relationship of exercise test variables to cycling performance in an Ironman triathlon. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87, 433-440.
- Laursen, P. B., Shing, C. M., Tennant, S. C., Prentice, C. M. & Jenkins, D. G. (2003). A comparison of the cycling performance of cyclists and triathletes. *J. Sports. Sciences.* 21, 411-418.
- Le Meur, Y., Hausswirth, C., Dorel, S., Bignet, F., Brisswalter, J. & Bernard, T. (2009). Influence of pacing adopted by elite triathletes during a competition. *Eur. J. Appl. Physiol.* 106, 535-545.
- Lepers, R., (2008). Analysis of Hawaii Ironman performances in elite triathletes from 1981 to 2007. *Med. Sci. Sp. Exer.* 40(10), 1828-1834.
- Lepers, R., Millet, G. Y., Maffiuletti, N. A., Haysswirth, C. & Brisswalter, J. (2001). Effect of pedalling rates on physiological response during endurance cycling. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 85, 392-395.
- Lindsay, F. H., Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Schomer, H. H, Noakes, T. D. & Dennis, S. C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 28(11), 1427-1434.
- Loat, C. E. R. (1991). Comparison of the lactate and ventilatory thresholds during prolonged work. *M. S. Thesis, Univ. British Columbia, Canada.*
- Loat, C. E. & Rhodes, E. C. (1993). Relationship between the lactate and ventilatory thresholds during prolonged exercise. *Sp. Med.* 15(2), 104-115.
- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 32, 1777-11782.
- Malhotra, M. S., Verma, S. K., Gupta, P. K., & Khanna, G. L. (1984). Physiological basis for selection of competitive road cyclists *Sports Med.*, 24, 49-57.
- Margaritis I., (1996). Factors limiting performance in the triathlon. *Can. J. Appl. Physiol.*, 21(11), 1-15.
- Mayers, M. A., Holland, G. J., Rich, G. Q., Vincent, W. J., & Heng, M. (1986). Effects of prolonged intense cycle ergometry upon immediately

- subsequent maximal treadmill running in trained triathletes (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exer.* 25, S86.
- Miller, F. R., Lindholm, S. & Manredi, T. G. (1985). Anaerobic threshold and 15Km time trial cycling performance (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exer.* 17(2), 217.
- Millet, G. P., & Bentley, D. J. (2004). The physiological responses to running after cycling in elite junior and senior triathletes. *Int. J. Sp. Med.* 25, 191-197.
- Millet, G. P., Dreano, P. & Bentley, D. J. (2003). Pysiological characteristics of elite short- and long-distance triathletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88, 427-430.
- Millet, G. P., Millet, G. Y., Hofmann, M. D. & Candau, R. B. (2000). Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: Influence of performance level. *Int. J. Sp. Med.* 21, 127-132.
- Millet, G. P., & Vleck, E. V. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *Br. J. Sp. Med.* 34, 384-390.
- Miura, H., Kitagawa, K. & Ishiko, T. (1997). Economy during a simulated laboratory test triathlon is highly related to Olympic distance triathlon. *Int. J. Sp. Med.* 18, 276-280.
- Montpetit, R. R., Smith, H., & Boie, G. (1988). Swimming economy: how to standardize the data to compare swimming proficiency. *J. Swim. Res.*, 4 (1), 5-8.
- Morgan, D. W., Baldini F. D., Martin, P. E., & Kohrt, W. M., (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 21(1), 78-83.
- Morgan, D. W., & Craib, M. (1992). Physiological aspects of running economy. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 24, 456-461.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sp. Med.*, 31, 479-487.

- Nieman, D.C., Austin, M.D., Dew, D., & Utter, A.C. (2013). Validity of COSMED's Quark CPET Mixing Chamber System in Evaluating Energy Metabolism During Aerobic Exercise in Healthy Male Adults. *Research in Sports Medicine*, 21(2), 136-45.
- Noakes, T. D., Myburgh, K. H., & Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the $\text{VO}_{2\text{max}}$ test predicts running performance. *J. Sport Sci.*, 8, 35-45.
- Nomura, T. (1983). The influence of training and age on $\text{VO}_{2\text{max}}$ during swimming in Japanese elite group and Olympic swimmers. In Hollander et al. (eds.), *Biomechanics and medicine in swimming* (pp, 251-257. Champaign, Illinois, Human Kinetics: Publisher).
- Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesel, H. & Hollman, W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic acid concentration during continuous and intermittent training exercise. *Int. J. Sp. Med.*, 6, 74-77.
- Otto, R. M., Smith, T. K., Weatherwax, R. S., Southhard, J. J. & Wygand, J. W. (1985). The relationship of metabolic capacity to triathlon performance (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exer.* 17, 218.
- O'Toole, M. L., Hiller, W. D. B., Crosby, L. O., & Douglas, P. S. (1987a). The ultraendurance triathlete: a physiological profile. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 19, 45-50.
- O'Toole, M. L., Hiller, W. D. B., Douglas, P. S., & Smith, R. A. (1987b). Relation of physiological and training variables to triathlon race performance (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exer.*, 19 (Suppl 2), S48.
- O'Toole, M. L., Hiller, W. D. B., & Douglas, P. S. (1987c) Cardiovascular responses to prolonged cycling and running. *Annals of Sports Medicine* 3, 124-130.
- O'Toole, M. L., Douglas, P. S., & Hiller, W. D. B. (1989a). Applied physiology of a triathlon. *Sp. Med.*, 8(4), 201-225.
- O'Toole, M. L. & Douglas, P. S. (1995). Applied physiology of triathlon. *Sp. Med.*, 19(4), 251-267.

- O'Toole, M. L., Douglas, P. S. & Hiller, W. D. H. (1989b). Lactate, oxygen uptake, and cycling performance in triathletes. *Int. J. Sp. Med.*, 10, 413-418.
- O'Toole, M. L., Douglas, P. S. & Hiller, W. D. H. (1998). The use of heart rate monitoring by endurance athletes: lessons from triathletes. *J. Sp. Med. Phys. Fitness*, 38, 181-187.
- Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G., & Goiriena, J. L. (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 31, 878-885.
- Palmer, G. S., Borghouts, L. B., Noakes, T. D. & Hawley, J. A. (1999). Metabolic and performance responses to constant-load vs. variable-intensity exercise in trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 87(3), 1186-1196.
- Palmer, G. S., Noakes, T. D. & Hawley, J. A. (1997). Effects of steady-state versus stochastic exercise on subsequent cycling performance. *Med. Sc. Sp. Exerc.* 29(5), 684-687.
- Peeling, P. D., Bishop, D. J. & Landers, G. J. (2005). Effects of swimming intensity on subsequent cycling and overall triathlon performance. *Br. J. Sp. Med.* 39(12), 960-964.
- Petit, M. A., Nelson, C. M. & Rhodes, E. C. (1997). Comparison of a mathematical model to predict 10-Km performance from the Conconi test and ventilatory threshold measurements. *Can. J. Appl. Physiol.* 22(6), 562-572.
- Pyne, D. B., Lee, H. & Swanwick, K. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med. Sci. Sp. Exerc.* 33(2), 291-297.
- Rhodes, E. C., & McKenzie, D. C. (1984). Predicting marathon time from anaerobic threshold measurements. *Phys. Sports Med.* 12(1), 95-98.
- Ribeiro, J. P., Cadavid, E., Baena, J., Monsalvete, E., Barna, A. & De Rose, E. H. (1990). Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *Br. J. Sp. Med.*, 24 (3), 196-200.
- Roalstad, M. S. (1989). Physiological testing of the ultraendurance triathlete. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 21, S205-S208.

- Roalstad, M. S., Crosby, L., O'Toole, M. L., Igler, A., Grotke, G. & Hiller, D. (1987). Heart rate monitoring during an ultra endurance event (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exerc.* 19 (Suppl), S89.
- Rust, C. A., Lepers, R., Stiefel, M. Rosemann, T. & Knechtle, B. (2013). Performance in Olympic triathlon: changes in performance of elite female and male triathletes in the ITU World Triathlon Series from 2009 to 2012. *Med. Sci. Sp. Exerc.* 25, 871-876.
- Rust, C. A., Knechtle, B., Knechtle, P., Rosemann, T., & Lepers, R. (2011). Personal best times in an Olympic distance triathlon and in a marathon predict Ironman race time in recreational male triathletes. *Open Access J. Sp. Med.*, 32, 121-129.
- Rust, C. A., Knechtle, B., Wirth, A., Knechtle, P., Ellenrieder, B., Rosemann, T., & Lepers, R. (2012). Personal best times in an Olympic distance triathlon and a marathon predict an Ironman race time for recreational female triathletes. *Chinese J. Physiol.*, 55 (3), 156-162.
- Schabert, E. J., Hawley, J. A., Hopkins, W. G., Mujika, I. & Noakes, T. D. (1998). A new reliable laboratory test of endurance performance for road cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30 (12), 1744-1750.
- Schabert, E. J., Killian, S. C., St. Clair Gibson, A., Hawley, J. A. & Noakes, T. D. (2000). Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 32, 844-849.
- Schneider, D. A., Lacroix, K. A., Atkinson, G., R., Troped, P. J. & Pollack, J. (1990). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Med. Sci. Sp. Exerc.* 22(2), 257-264.
- Schneider, D. A. & Pollack, J. (1991). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in female triathletes. *Int. J. Sp. Med.* 12, 379-383.
- Sjodin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sp. Med.* 2, 83-89.
- Skinner, J. S., Kohrt, W., Bates, B., & Morgan, D. (1985). Anaerobic performance of trained triathletes (Abstract). *Med. Sci. Sp. Exerc.* 17, 218.

- Sleivert, G. G., & Rowlands, D. S. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sp. Med.* 22, 8-18.
- Sleivert, G. G., & Wenger, H. A. (1993). Physiological predictors of short-course triathlon performance. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 25, 871-876.
- Suriano, R., & Bishop, D. (2010). Physiological attributes of triathletes. *J. Sci. Med. Sp.* 13, 340-347.
- Tanaka, K., Matsuura, Y. & Moritani, T. (1981). A correlational analysis of maximal oxygen uptake and anaerobic threshold as compared with middle and long distance performances. *J. Phys. Fitness Japan.*, 30, 94-102.
- Taylor, D., Smith, M. F., & Vleck, V. E. (2011). Physiological correlates of simulated sprint-distance triathlon. *Presented at the I World Conference of Science in Triathlon.*, 63-69.
- The Ironman Story, διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://eu.ironman.com/triathlon/history.aspx#axzz3xVN07RSV>. Πρόσβαση στις 17 Ιανουαρίου 2016.
- Tokmakidis, S. P., Leger, L. A. & Pilianidis, T. C. (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 77, 333-342.
- Toussaint, H. M., Bruinink, L., Coster, R., De Looze, M., Van Rossem, B., Van Veenen, R., & D Groot, G. (1989). Effect of a triathlon wet suit on drag during swimming. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 21 (3), 325-328.
- Toussaint, H. M. (1990). Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 22 (3), 409-415.
- Van Schuylenbergh, R., Vanden Eynde, B., & Hespel, P. (2004). Prediction of Sprint triathlon performance from laboratory tests. *Eur J. Appl. Physiol.*, 91, 94-99.
- Vercruyssen, F., Brisswalter, J., Hausswirth, C., Bernard, T., Bernard, O. & Vallier, J.-M. (2002). Influence of cycling cadence on subsequent running performance in triathletes. *Med. Sci. Sp. Exerc.*, 34(3), 530-536.

- Vleck, V. E., Bentley, D. J., Millet, G., P. & Burgi, A. (2008). Pacing during an elite Olympic distance triathlon: Comparison between male and female competitors. *J. Sci. Med. Sport* 11, 424-432.
- Vleck, V. E., Burgi, A. & Bentley, D. J. (2006). The consequences of swim, cycle, and run performance on overall result in elite Olympic distance triathlon. *Int. J. Sports Med.* 27, 43-48.
- 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. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 64, 153-157.
- Whipp, B. J., Davis, J. A., Torres, F. & Wasserman, K. (1981). A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J. Appl. Physiol.* 50(1), 217-221.
- Whyte, G., Lumpley, S., George, K. Gates, P., Sharma, S., Prasad, K. & McKenna, W. J. (2000). Physiological profile and predictors of cycling performance in ultra-endurance triathletes. *J. Sp. Med. Phys. Fitness* 40(2), 103-109.
- Wilburn, J. R. (2004). Prediction of sprint distance triathlon performance from 150-yard swim and 2-mile run time trials. *Med. Sci. Sp. Exer.* 36 (5), S-201.
- Withers, R. T., Sherman, W. M., Miller, J. M., & Costill, D. L. (1981). Specificity of the anaerobic threshold in endurance trained cyclists and runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 47, 93-104.
- Wu, S. S. X., Peiffer, J. J., Brisswalter, J. Nosaka, K., Lau, W. Y. & Abbiss, C. R. (2015). Pacing strategies during the swim, cycle and run disciplines of sprint, Olympic and half-Ironman triathlons. *Eur. J. Appl. Physiol.* 115, 1147-1154.
- Yoshida, T., Chida, M., Ichioka, M. & Suda, Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur. J. Appl. Phys.* 56, 7-11.

- Yoshida, T., Nagata, A., Muro, M., Takeuchi, N. & Suda, Y. (1981). The validity of anaerobic threshold determination by a Douglas bag method compared with arterial blood lactate concentration. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 46, 423-430.
- Zacharogiannis, E., & Farrally, M. (1993). Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. *J. Sp. Med. Phys. Fitness* 33(4), 337-347.
- Zderic, T. W., Ruby, B. C., Hartpence, J. W. & Meyers, M. (1997). Physiological predictors of combined cycling and running performance in trained male triathletes. *Med. Sci. Sp. Exer.*, 29(5) Suppl, 221.
- Zhou, S., Robson, S. J., Kinig, M. J. & Davie, A. J. (1997). Correlations between short-course triathlon performance and physiological variables determined in laboratory cycle and treadmill tests. *J. Sp. Med. Phys. Fitness* 37(2), 122-130.

6.2. Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Κλεισούρας, Β. (2011). Εργοφυσιολογία (11^η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδη.

6.3. Διαδικτυακή βιβλιογραφία

2014 USA Triathlon membership report. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:

<https://www.teamusa.org/usa-triathlon/about/multisport/demographics> Πρόσβαση

στις 17 Ιανουαρίου 2016

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1. Έντυπο δήλωσης συγκατάθεσης



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
 Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
 "Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός"

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΒΟΛΗ ΣΕ ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ.

Ημερομηνία/...../.....

Ονοματεπώνυμο.....

Ημερομηνία γέννησης..... Ηλικία.....

1. Επεξήγηση της δοκιμασίας

Θα εκτελέσεις δύο δοκιμασίες άσκησης πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (κυλιόμενο διάδρομο) και δύο πάνω σε κυκλοεργόμετρο. Οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν στο Εργαστήριο Κλασικού Αθλητισμού στη Σ.Ε.Φ.Α.Α. του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η ένταση της άσκησης στην πρώτη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο και την πρώτη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο θα είναι τόσο έντονες που δεν θα μπορείς να τις κρατήσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η ένταση της άσκησης στην δεύτερη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο και την δεύτερη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο θα αρχίσει από τέτοιο επίπεδο ώστε να δύναται εύκολα να ολοκληρωθεί και θα αυξάνει σταδιακά ανάλογα με το επίπεδο της φυσικής σου κατάστασης. Με τυχαία σειρά, θα κάνεις κατά την μία επίσκεψη τις δύο δοκιμασίες στο δαπεδοεργόμετρο και κατά την άλλη επίσκεψη τις δύο δοκιμασίες στο κυκλοεργόμετρο. Μεταξύ των δύο αυτών επισκέψεων στο εργαστήριο θα πρέπει να παρεμβάλλονται τουλάχιστον 4 ημέρες, προκειμένου να εξαλειφθεί ο παράγοντας κόπωση. Επίσης θα υποβληθείς σε μία μέγιστη αγωνιστική προσπάθεια **τριάθλου** μικρής διάρκειας απόστασης 750m κολύμβηση, 20km ποδηλασία και 5km δρόμο στο συντομότερο δυνατό χρόνο. Σε καθεμία από τις δυο

επισκέψεις στο εργαστήριο, μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης θα πρέπει να παρεμβάλλονται τουλάχιστον 60 λεπτά, για να μην υπάρχει υπέρμετρη κόπωση για εσένα. **Έχεις τη δυνατότητα να σταματήσεις** τη δοκιμασία ή και τον αγώνα τρίαθλου οποιαδήποτε χρονική στιγμή εξαιτίας αντικειμενικών συμπτωμάτων κόπωσης ή μπορείς να σταματήσεις οποτεδήποτε θελήσεις εξαιτίας υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης ή δυσφορίας. Όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι εμπιστευτικά για χρήση δική σας και της ερευνητικής ομάδας. Σε περίπτωση δημοσιοποίησης των δεδομένων, αυτή θα είναι ανώνυμη.

2. Ευθύνες του εξεταζόμενου

Οι πληροφορίες που έχεις σχετικά με την κατάσταση της υγείας σου ή προηγούμενη εμπειρία από ασυνήθιστα συμπτώματα κατά τη διάρκεια της άσκησης **είναι πιθανόν να επηρεάσουν την ασφάλεια αλλά και την αξία της δοκιμασίας**. Η έγκαιρη αναφορά ασυνήθιστων συμπτωμάτων (πόνου, σφίξιμο, πρόωγη εφίδρωση) κατά την άσκηση έχει πολύ μεγάλη σημασία. Είναι δική σου ευθύνη η πλήρης έκθεση τέτοιων πληροφοριών όταν ζητηθούν από το προσωπικό που εκτελεί τη δοκιμασία. Επίσης, παρακαλείσαι για τουλάχιστον 2 ημέρες πριν από την κάθε δοκιμασία να μην έχεις υποβληθεί σε εξαντλητική άσκηση και να διατηρείς για το παραπάνω διάστημα παρόμοιες συνθήκες στην καθημερινότητά σου (διατροφή, ανάπαυση, άσκηση, κτλ).

3. Τα οφέλη της αξιολόγησης

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από τις δύο δοκιμασίες στο κυκλοεργόμετρο και τις δύο στο δαπεδοεργόμετρο θα βοηθήσουν **στην εκτίμηση του επιπέδου των παραμέτρων απόδοσης και της κατάστασης της υγείας σου**. Θα δοθούν επίσης οδηγίες για το **είδος της άσκησης που θα ακολουθήσεις** για περαιτέρω βελτίωση. Επιπρόσθετα, από την επίδοσή σου στο τρίαθλο μικρής διάρκειας μπορεί να προκύψει ως συμπέρασμα ποιά από τις επιλεγμένες φυσιολογικές παραμέτρους που θα μελετηθούν έχει την μέγιστη δυνατή συσχέτιση με την επίδοση σε τρίαθλο μικρής διάρκειας.

4. Συμβάντα κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Κατά τη διάρκεια της μέγιστης προσπάθειας και στις άλλες δοκιμασίες κατά τις επισκέψεις αλλά και κατά τον αγώνα υπάρχει πιθανότητα να συμβούν

- Ασυνήθιστες τιμές πίεσης αίματος
- Ζάλη
- Αρρυθμίες σε σπάνιες περιπτώσεις
- Σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις καρδιακή προσβολή.
- Πιθανός μυϊκός τραυματισμός

Θα καταβάλλουμε κάθε προσπάθεια για εκτίμηση του ιστορικού του αθλούμενου που σχετίζεται με την υγεία του και τη φυσική του κατάσταση ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι παραπάνω πιθανότητες. Για το σκοπό αυτό, παρακαλώ συμπλήρωσε το παρακάτω ερωτηματολόγιο.

ΚΑΘΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΕΙΝΑΙ ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΗ

1. Ποιο είναι το επίπεδο της παρούσας σου φυσικής δραστηριότητας;
καθιστική/μέτρια δραστήρια/δραστήρια/πολύ δραστήρια.
2. Ποιο είναι το επίπεδο της παρούσας σου φυσικής κατάστασης;
πολύ αγύμναστος/μέτρια αγύμναστος/γυμνασμένος/πολύ γυμνασμένος.
3. Το παρόν σου σωματικό βάρος πιστεύεις ότι είναι:
κάτω από το κανονικό/ιδεατό/λίγο πάνω από το κανονικό/πολύ πάνω από το κανονικό.

4. Καπνιστής: Ναι/Όχι Πρώην καπνιστής Ναι/Όχι με την ημέρα.

Εάν πρώην καπνιστής, πόσο διάστημα έχεις σταματήσει;έτη

Περιστασιακός καπνιστής Ναι/Όχι μετσιγάρα/ημέρα

Συστηματικός καπνιστής Ναι/Όχι μετσιγάρα/ημέρα.

5. Κατανάλωση αλκοόλ:

Πίνεις αλκοολούχα ποτά; Ναι/Όχι Εάν Ναι: συμβαίνει αυτό περιστασιακά;
Ναι/Όχι

Πίνεις ένα ποτό κάθε μέρα; Ναι/Όχι

Πίνεις περισσότερα από ένα ποτό την ημέρα Ναι/Όχι

6. Συμβουλευτήκες το γιατρό σου τους τελευταίους 6 μήνες; Ναι/Όχι

Εάν Ναι παρακαλώ δώσε περισσότερες πληροφορίες

.....

.....

7. Χρησιμοποιείς τελευταία κάποιο είδος φαρμάκου; Ναι/Όχι

Εάν Ναι δώσε περισσότερες πληροφορίες

.....

8. Νοσείς ή έχεις ποτέ νοσήσει από: Άσθμα; Ναι/Όχι Διαβήτη; Ναι/Όχι
Βρογχίτιδα; Ναι/Όχι Επιληψία; Ναι/Όχι

9. Πάσχεις ή έπασχες ποτέ από ενοχλήσεις στην καρδιά; Ναι/Όχι

10. Υπάρχει οικογενειακό ιστορικό με παθήσεις της καρδιάς; Ναι/Όχι

11. Μήπως έχεις κάποιο είδος τραυματισμού στους μυς ή τις αρθρώσεις

Διάβασα αυτό το φυλλάδιο και έχω κατανοήσει τα οφέλη και τους κινδύνους της αξιολόγησης και συγκατατίθεμαι να συμμετέχω.

Ναι/Όχι

Υπογραφή εξεταζόμενου

εκτελούντος τη δοκιμασία

Υπογραφή

Σας ευχαριστώ πολύ,
Θωμάς Παπαβασιλείου
Μεταπτυχιακός Φοιτητής