



**ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ
ΙΣΧΥΟΣ (FTP) ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΠΟΔΗΛΑΤΕΣ**

**ASSOCIATION OF THE FUNCTIONAL THRESHOLD POWER (FTP)
TEST WITH LABORATORY MEASUREMENTS OF AEROBIC CAPACITY
IN CYCLISTS**

Του

Αναστάσιου Κουρμπέτη, BSc

Καθηγητής Φυσικής Αγωγής

**Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου
του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του
Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ Τζιαμούρτας Αθανάσιος

Τρίκαλα, Ιούλιος 2024

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ	iii
ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ	iv
ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ.....	v
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT	ix
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	4
<i>Παράγοντες επηρεασμού της απόδοσης</i>	<i>4</i>
<i>Φυσιολογική αξιολόγηση ποδηλατών</i>	<i>5</i>
ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ	11
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	12
<i>Συμμετέχοντες και κριτήρια συμμετοχής</i>	<i>12</i>
<i>Διαδικασία</i>	<i>12</i>
<i>Μέτρηση σταδιακά αυξανόμενου έργου</i>	<i>13</i>
<i>Μέτρηση λειτουργικού κατωφλιού ισχύος</i>	<i>14</i>
<i>Στατιστική ανάλυση.....</i>	<i>16</i>
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	17
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	20
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	24
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	25
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	27
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	1
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ</i>	<i>1</i>
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΕΓΚΡΙΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ.....</i>	<i>5</i>
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.....</i>	<i>6</i>

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Ζώνες προπόνησης

Πίνακας 2: Σχηματική απεικόνιση διάφορων ειδών κατωφλιών

Πίνακας 3: Γενικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

Πίνακας 4: Καταγεγραμμένοι μέσοι όροι καρδιακής συχνότητας και μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου στις εργομετρικές δοκιμασίες

Πίνακας 5: Καταγεγραμμένοι μέσοι όροι έργου στις εργομετρικές δοκιμασίες

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Γράφημα 1: Σχηματική απεικόνιση καταγεγραμμένων μέσω των όρων έργου
στις εργομετρικές δοκιμασίες

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

CP: Critical Power

Dmax: Μέθοδος αξιολόγησης καμπύλης γαλακτικού

FTP: Functional Threshold Power (λειτουργικό κατώφλι ισχύος)

MPO: Mean Power Output (μέσο παραγόμενο έργο)

OBLA: Onset of Blood Lactate Accumulation

RER: Respiratory Exchange Ratio

RPE: Rate of Perceived Exertion

VO₂max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος

ΤΕΦΑΑ: Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δρ Τζιαμούρτα Αθανάσιο για την εμπιστοσύνη και την στήριξη που έδειξε στην ιδέα και στην εκτέλεση της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Δρ Δραγανίδη Δημήτρη και Δρ Παπανικολάου Κώστα και την Δρ Γκιάτα Βιβή για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την εκτέλεση των μετρήσεων στο εργαστήριο του πανεπιστημίου.

Η παρούσα εργασία δεν θα μπορούσε να έχει ολοκληρωθεί χωρίς την αμέριστη και αδιάκοπη υποστήριξη που μου παρείχε ο καθηγητής μου Δρ Σταυρόπουλος-Καλίνογλου Αντώνιος, όποτε χρειαζόμουν τη βοήθειά του.

Κλείνοντας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου που στάθηκε δίπλα μου ολόκληρη αυτή τη περίοδο και στήριξε με όλα τα μέσα που διέθετε την προσπάθειά μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υπαίθριες δοκιμασίες διαφόρων χρονικών περιόδων αλλά περισσότερο η δοκιμασία του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος (Functional Threshold Power - FTP) έχει αποτελέσει τα τελευταία χρόνια μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο αξιολόγησης του επιπέδου και της φυσικής κατάστασης των αθλητών ποδηλασίας που διαθέτουν μετρητή ισχύος στα ποδήλατά τους. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι να ερευνήσει τη σχέση που παρουσιάζεται μεταξύ του FTP και του έργου που μετρήθηκε στο αερόβιο και αναερόβιο κατώφλι σε μια εργομετρική διαδικασία. Οκτώ υγιείς Έλληνες ποδηλάτες ηλικίας 17-38 ετών με αγωνιστική εμπειρία τουλάχιστον τριών ετών, αφού πραγματοποίησαν τις σωματομετρικές μετρήσεις, εκτέλεσαν μια μέγιστη εργομετρική δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου όπου μετρήθηκαν η καμπύλη γαλακτικού και οι υπομέγιστοι και μέγιστοι αναπνευστικοί όγκοι, μέχρι εξαντλήσεως. Μετά από δύο μέρες έγινε η εργαστηριακή μέτρηση του FTP όπου μετρήθηκαν οι αναπνευστικοί όγκοι κατά τη διάρκεια της προσπάθειας, και η τιμή του γαλακτικού μετά το τέλος της. Βασικό εύρημα της μελέτης είναι η σημαντικά χαμηλότερη τιμή του έργου της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας σε σχέση με το έργο στο αναερόβιο κατώφλι ($\Delta=7\%$) που μετρήθηκε στην δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου, αλλά και η σημαντικά υψηλότερη τιμή έργου ($\Delta=14\%$) ανάμεσα στο μέσο έργο της εικοσάλεπτης δοκιμασίας σε σχέση με το έργο που μετρήθηκε στο αερόβιο κατώφλι. Τα συγκεκριμένα ευρήματα που παρουσιάζουν το έργο του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος μειωμένο κατά $\sim 7\%$ σε σχέση με το αναερόβιο κατώφλι που μετρήθηκε στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου, πιθανόν

να οφείλονται στο γεγονός ότι η πρώτη δοκιμασία συνηθίζεται να πραγματοποιείται σε εξωτερικό περιβάλλον με ότι διαφορές συνεπάγεται αυτό. Αντίθετα δεν υπάρχουν δεδομένα στη βιβλιογραφία που να συσχετίζουν τη δοκιμασία του FTP με το αερόβιο κατώφλι. Οι υπαίθριες δοκιμασίες ποικίλων χρονικών περιόδων πιθανόν να φανερώνουν περισσότερα στοιχεία για το μεταβολικό προφίλ του αθλητή.

ABSTRACT

Outdoor tests of various time periods, such as the Functional Threshold Power (FTP) test, have become an increasingly popular method used to assess aerobic fitness levels and physical condition of cyclists who have a power meter on their bikes. The aim of this study was to investigate the relationship between the average power of the twenty-minute maximum effort used for the FTP test, and the work measured at the aerobic and anaerobic threshold in a laboratory-based aerobic fitness test. Eight healthy Greek cyclists, aged 17-38, with racing experience of at least three years, participated in the study. Following assessment of height and weight, they completed a maximal aerobic test on a cycle ergometer. A step test approach with intensity increasing every 2min by 40w was used. Gas exchange was assessed continuously and blood lactate concentration every two minutes. Two days later, participants completed a laboratory-based evaluation of their FTP. This consisted of a maximum twenty-minute effort on the bike. Gas exchange was again assessed throughout and blood lactate only at the end of the effort. Our data indicate that the average power achieved in during the FTP test is $\sim 7\%$ lower ($p=0.0???$) than the power associated with the anaerobic threshold and 14% ($p=0.0???$) higher than the power associated with the aerobic threshold. The observed differences may be due to the fact that the FTP test is usually performed in an outdoor environment and is affected by environmental conditions, producing some variability in results. Also, there is limited information about the association of FTP with the aerobic threshold. Outdoor tests of various time periods may reveal more about the athlete's metabolic profile.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ποδηλασία δρόμου αποτελεί ένα από τα πλέον απαιτητικά αγωνίσματα αντοχής. Ο αθλητής καλείται να αντιμετωπίσει πολλές φορές δύσκολες καιρικές συνθήκες συμμετέχοντας σε πολύωρους μονοήμερους αγώνες αλλά και σε πολυήμερους ποδηλατικούς γύρους διάρκειας έως και τριών εβδομάδων (όπως οι γύροι Ιταλίας, Γαλλίας, Ισπανίας). Η αθλητική προσπάθεια κάθε ποδηλατικής ημέρας, σε τέτοιους γύρους, μπορεί να διαφέρει σημαντικά. Κάποιες μέρες οι αθλητές θα πρέπει να καλύψουν μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις, ακόμα και περισσότερα από 200χλμ., με αρκετές ανηφόρες που συχνά ξεπερνάνε τα 4000 μέτρα θετικής υψομετρικής διαφοράς. Ενώ άλλες ημέρες η προσπάθεια μπορεί να διαρκέσει μόνο 10 λεπτά, μέγιστης όμως έντασης (σε μία ημέρα μικρής ατομικής χρονομέτρησης).

Οι αθλητές επίσης μπορεί να έχουν διαφορετικούς ρόλους στην ομάδα με απώτερο σκοπό να νικήσει ένας από τους αθλητές αυτής. Ο ρόλος του κάθε αθλητή σε μία ομάδα θα καθορίσει την ένταση που θα κινηθεί στον αγώνα και τον καταμερισμό των δυνάμεων του μέσα σε αυτόν. Κάποιοι εξ' αυτών μπορεί να κινηθούν σε μέτρια επίπεδα έντασης μεταξύ αερόβιου και αναερόβιου κατωφλίου για δύο έως τρεις ώρες και αργότερα (πιθανόν σε κάποιο βουνό) το έργο τους να παραμένει σταθερά πάνω από το αναερόβιο κατώφλι για πάνω από σαράντα λεπτά. Αντίθετα ένας άλλος αναβάτης μπορεί να κινείται στην ίδια ένταση και για την ίδια ώρα με τον παραπάνω αθλητή αλλά στο τέλος να χρειαστεί να κάνει μια μέγιστη προσπάθεια (σπριντ) διάρκειας μερικών δευτερολέπτων. Το προφίλ των δύο αυτών αθλητών είναι τελείως διαφορετικό, απαιτεί διαφορετικού είδους προπόνηση αλλά έχει κοινό παρονομαστή τις τεράστιες ενεργειακές απαιτήσεις που συχνά (στους μεγαλύτερης διάρκειας αγώνες) ξεπερνάνε τις 5.000 kcal.

Κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής χρονιάς οι αθλητές πραγματοποιούν εργομετρικές δοκιμασίες στα ειδικά κυκλοεργόμετρα των εργομετρικών κέντρων. Από αυτή προκύπτουν πολλές χρήσιμες πληροφορίες για την αξιολόγηση του αθλητή (Hopkins et al., 2001b). Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων (μέγιστη καρδιακή συχνότητα, αερόβιο-αναερόβιο κατώφλι, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, κ.α.) προκύπτουν οι καρδιακές ζώνες

λειτουργίας οι οποίες αποτελούν τη βάση για το σχεδιασμό της προπόνησης (Seiler, 2010). Για πολλά χρόνια οι προπονητές σχεδίαζαν το προπονητικό πλάνο ορίζοντας την ένταση των προπονήσεων με βάση τη καρδιακή συχνότητα που έβλεπαν οι αθλητές στο καρδιοσυχνόμετρο, το οποίο έφεραν μαζί τους κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Γνωρίζοντας όμως ότι η καρδιακή συχνότητα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως κόπωση, συναισθηματικούς παράγοντες, διατροφή, θερμοκρασία περιβάλλοντος, υψόμετρο, λήψη φαρμάκων, κ.α. (Racinais et al., 2019) δεν θα μπορούσε να αποτελέσει σταθερή μονάδα αξιολόγησης της άσκησης.

Αντίθετα η χρήση της αντίστασης παραμένει σταθερή μονάδα εκγύμνασης. Μονάδα μέτρησής της είναι τα watt και ορίζεται ως το γινόμενο της ροπής που ασκείται στο πετάλι με τις στροφές ανά λεπτό ($\text{Power} = \text{Torque} \times \text{Cadence}$). Οι παράμετροι της ροπής (torque) και του ρυθμού περιστροφής των πεντάλ (cadence) υπολογίζονται από τον ίδιο το μετρητή ισχύος και με τηλεμετρία εμφανίζονται στην οθόνη της συσκευής στο τιμόνι του ποδηλάτου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το έργο του αθλητή είναι η αντίσταση του αέρα (ένταση και κατεύθυνση), η αντίσταση κύλισης του τροχού (που επηρεάζεται από την αποδοτικότητα του ρουλεμάν, το πάχος του ελαστικού, την αεροδυναμική απόδοση του τροχού, την αντίσταση της ασφάλτου), την κινητική ενέργεια του δισκοβραχίονα, και την δύναμη που ασκείται στο πετάλι-δισκοβραχίονα (Martin et al., 1998).

Σημαντικό μειονέκτημα που προκύπτει με τις καρδιακές ζώνες προπόνησης, είναι ότι αυτές μεταβάλλονται ανάλογα με το επίπεδο της φυσικής κατάστασης του αθλητή, καθώς αυτή παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στη πάροδο της αγωνιστικής χρονιάς, σε ένα σταθερό έργο για τον ίδιο αθλητή. Επιπρόσθετα δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε το γεγονός ότι η καρδιακή συχνότητα δεν προλαβαίνει ν' ανταποκριθεί πολύ γρήγορα σε μικρής διάρκειας αλλά πολύ υψηλής έντασης αναερόβιες προσπάθειες που διαρκούν μερικά δευτερόλεπτα. Με τον υπολογισμό του έργου ο αθλητής έχει τη δυνατότητα π.χ. σε μία άσκηση πολύ υψηλής έντασης και διάρκειας 20" να γνωρίζει από τα πρώτα δευτερόλεπτα σε τι ποσοστό των δυνάμεων του κινείται, ενώ αντίθετα η καρδιακή συχνότητα είναι σχεδόν αδύνατον να μπορέσει να ακολουθήσει την ίδια ποσοστιαία αύξηση στον αντίστοιχο χρόνο.

Ιδιαίτερα σημαντικοί δείκτες παραμένουν μέχρι σήμερα το αερόβιο και το αναερόβιο κατώφλι, καθώς αποτελούν σημαντικό νούμερο-τιμή για τη προπόνηση, καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος του ετήσιου προπονητικού όγκου, αποτελούν δείκτη φυσικής κατάστασης και ορίζουν το επίπεδο του αθλητή (Farrell et al., 1979). Υψηλές τιμές έργου σε χρονομετρημένες δοκιμασίες πέντε, είκοσι, τριάντα, εξήντα λεπτών (Bentley et al., 2001a) είναι ευρέως αποδεκτό ότι σχετίζονται με την υψηλή απόδοση σε αγωνίσματα αντοχής όπως στην ποδηλασία δρόμου (Hawley and Noakes, 1992).

Παλαιότερα παρόλο που μπορούσαν να ελέγχουν το έργο της δοκιμασίας κατά την εργομετρική αξιολόγηση, οι προπονητές δεν είχαν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν το προπονητικό πλάνο βασιζόμενοι σε αυτό. Έρευνες έδειχναν ότι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου δεν αποτελούσε το βέλτιστο δείκτη απόδοσης και αξιολόγησης στη ποδηλασία αντοχής (Lucia et al., 1998a, Chicharro et al., 2000, Bishop et al., 1998). Η έλευση του ισχυόμετρου (power-meter) άλλαξε ριζικά τη προπονητική της ποδηλασίας, καθώς στις μέρες μας όλο και περισσότεροι αθλητές χρησιμοποιούν τα ισχύόμετρα στη καθημερινή τους προπόνηση και στο σχεδιασμό των ζωνών προπόνησης τους (Passfield et al., 2017).

Η αρχή έγινε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 όπου η SRM (Jülich, Germany) κατάφερε να προσαρμόσει στο δισκοβραχίονα του ποδηλάτου επιταχυνσιόμετρα με τα οποία μπορεί πλέον να μετράει το έργο και να το απεικονίζει ταυτόχρονα σε μία οθόνη στο τιμόνι του αθλητή τη στιγμή που εκείνος προπονείται. Αρχικά η εταιρεία τοποθέτησε το δισκοβραχίονα στο ποδήλατο του Αμερικάνου Greg Lemond, παγκόσμιου πρωταθλητή και πολυνίκη αθλητή του γύρου Γαλλίας και άλλων σπουδαίων αγώνων. Ολοένα και περισσότεροι αθλητές ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα μέτρησης έργου (Halsen, 2014a). Αυτό οδήγησε στη δημιουργία ζωνών προπόνησης υπολογισμένες στη μονάδα του έργου (watt) (Passfield et al., 2017), και παράλληλα τη καρδιακή συχνότητα σε επικουρικό ρόλο ως προς το σχεδιασμό του προπονητικού πλάνου και την αξιολόγηση της προπόνησης.

Η καθιέρωση του μετρητή έργου στις μέρες μας δημιούργησε πολλές εταιρείες κατασκευής τέτοιων συσκευών, και πλέον θεωρείται αναπόσπαστο εργαλείο προπόνησης για κάθε ποδηλάτη.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Οι ανάγκες του αθλήματος της ποδηλασίας δρόμου, τόσο για αερόβιες όσο και για αναερόβιες προσαρμογές είναι πολύ αυξημένες. Οι μεγάλες αποστάσεις των αγώνων και οι πολύωρες προσπάθειες των αθλητών, οδηγούν σε υψηλές αερόβιες προσαρμογές, για όλους τους αθλητές. Κάποιοι χρειάζεται να μπορεί να υπομένουν το έργο γύρω στο αναερόβιο κατώφλι (αθλητές ανηφόρας) για αρκετά λεπτά και για πολλά διαστήματα, ενώ άλλοι χρειάζεται να αναδείξουν υψηλή εκρηκτικότητα και πολλή υψηλή μέση ισχύ στο τέλος του αγώνα για 10-20 δευτερόλεπτα (σπρίντερ).

Παράγοντες επηρεασμού της απόδοσης

Η ανάπτυξη τόσο αερόβιας, όσο και αναερόβιας ικανότητας είναι καθοριστικός παράγοντας για την επίτευξη υψηλής απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα ένα ανεπτυγμένο οξειδωτικό σύστημα, με μεγάλο αριθμό και μέγεθος μιτοχονδρίων, ένα διευρυμένο δίκτυο τριχοειδών αγγείων, χαμηλό βάρος σώματος, τις απαραίτητες καρδιακές προσαρμογές για μεγάλη παροχή αίματος, αυξημένο αιματοκρίτη, μεγαλύτερα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου και μυϊκών τριγλυκεριδίων, αυξημένα οξειδωτικά ένζυμα και άλλα. Η ανεπτυγμένη αερόβια ικανότητα και μία υψηλή αντιστοιχία έργου στο αερόβιο κατώφλι εξασφαλίζει μεγαλύτερη οικονομία στον αθλητή, καθώς μπορεί να διατηρεί υψηλή τιμή έργου σε χαμηλές τιμές γαλακτικού και παράλληλα ένα καλύτερο ισοζύγιο καύσης υδατάνθρακα/λιπαρά οξέα. Ταυτόχρονα εξίσου σημαντικό είναι και ένα ανεπτυγμένο αναερόβιο σύστημα και πιο συγκεκριμένα το αναερόβιο γλυκολυτικό σύστημα που στηρίζεται στη παραγωγή ενέργειας που προέρχεται από τη καύση των υδατανθράκων. Γλυκολυτικά ένζυμα, αυξημένη ανοχή στο γαλακτικό, μυϊκές ίνες τύπου 2^A και άλλα. Επιπρόσθετα απαιτείται υψηλό έργο στο αναερόβιο κατώφλι (όσο πιο κοντά στο μέγιστο έργο σε μία δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου) του αθλητή τόσο υψηλότερο είναι το επίπεδο του αθλητή, αλλά και υψηλή αναλογία της Vo₂max (Klissouras, 2007).

Έρευνα δείχνει ότι τα επιπλέον χρόνια προπόνησης επηρεάζουν θετικά την απόδοση των ποδηλατών, καθώς δημιουργούν χρόνιες προσαρμογές.

Μία από αυτές είναι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, η οποία αποτελούσε πολύ σημαντικό δείκτη για την απόδοση και το διαχωρισμό των αθλητών σε επίπεδα απόδοσης (Levine, 2008). Στις μέρες μας εξακολουθεί να αποτελεί έναν σημαντικό δείκτη αερόβιας ικανότητας, καθώς είναι το γινόμενο της καρδιακής παροχής (καρδιακή συχνότητα και όγκος παλμού) και της αρτηριοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου. Επιπρόσθετα ένας πρωταγωνιστικός παράγοντας για την απόδοση και συνακόλουθα για την ενεργειακή οικονομία των ποδηλατών αντοχής είναι το χαμηλό ποσοστό λίπους αλλά και το χαμηλό σωματικό βάρος. Αυτός είναι καθοριστικός παράγοντας κυρίως για τους αγώνες με μεγάλες υψομετρικές διαφορές αλλά και για αυτούς με μεγάλη διάρκεια, καθώς ένας αναβάτης με αυξημένο βάρος (ακόμα και για αυτούς με χαμηλό ποσοστό λίπους) θα δαπανήσει περισσότερη ενέργεια για να μπορέσει να καλύψει στον ίδιο χρόνο την ίδια απόσταση συγκριτικά με έναν αθλητή χαμηλότερου σωματικού βάρους. Γι'αυτό το λόγο στην ποδηλασία είναι πιο χρήσιμο να αναφερόμαστε στον δείκτη έργο/ κιλό (watt/kg).

Φυσιολογική αξιολόγηση ποδηλατών

Καθώς τα εργομετρικά αποτελέσματα υπολόγιζαν τις καρδιακές ζώνες προπόνησης, ο αθλητής εκτελούσε τις ασκήσεις κατά τη διάρκεια της προπόνησης βασιζόμενος στη καρδιακή συχνότητα, η οποία όμως παρουσίαζε μεγάλη διακύμανση κατά τον ετήσιο προπονητικό κύκλο. Αναμφίβολα αρκετές έρευνες απέδειξαν ότι η έλευση των μετρητών ισχύος στα ποδήλατα βοήθησε σε βαθύτερη κατανόηση του αγωνίσματος και των απαιτήσεων του (Bell et al., 2017, Vogt et al., 2007a, Vogt et al., 2007b), ενώ παράλληλα οι χρόνιες καταγραφές του έργου από αγώνες και από τις προπονήσεις του αθλητή τον βοήθησαν να σχηματίσει το προσωπικό προφίλ με τις καλύτερα καταγεγραμμένες τιμές έργου οι οποίες είχαν εύρος από ένα δευτερόλεπτο και μπορούσαν να φτάσουν τις έξι ή επτά ώρες (Pinot and Grappe, 2011). Οι προσαρμογές που επέρχονταν με τη πάροδο της προπόνησης, άλλαζαν την αντιστοιχία καρδιακών παλμών και έργου. Αν για παράδειγμα ένας αθλητής εκτελούσε μία άσκηση 5 λεπτών στο 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας στη αρχή της προετοιμασίας του, αργότερα κατά την αγωνιστική περίοδο εκτελούσε την ίδια άσκηση σε ίδιες συνθήκες

αλλά κάλυπτε μεγαλύτερη απόσταση, άρα παρήγαγε υψηλότερο έργο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι για τους ποδηλάτες είναι πολύ σημαντικό να μπορούν να βελτιώνουν το παραγόμενο έργο κατά τη διάρκεια μίας άσκησης (Balmer et al., 2000).

Μετά από μία εργομετρική διαδικασία ο αθλητής είναι σε θέση να γνωρίζει πολλές πληροφορίες που θα τον βοηθήσουν αργότερα να σχεδιάσει τις ζώνες προπόνησης του, οι οποίες πλέον βασίζονται στο έργο. Μία τιμή ιδιαίτερης σημασίας είναι το έργο στο αναερόβιο κατώφλι εκφραζόμενο σε απόλυτη τιμή, αλλά πιο σωστά σε σχετική τιμή, καθώς σε μεγάλους διάρκειας αγώνες ο αθλητής προσπαθεί να κινείται όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη ταχύτητα, κάτω όμως από αυτό ώστε να συσσωρεύει λιγότερες καματογόνες ουσίες. Μόλις ο ασκούμενος περάσει το αναερόβιο κατώφλι η παραγωγή ενέργειας προέρχεται αποκλειστικά από την αναερόβια γλυκόλυση με τελικό προϊόν της το πυροσταφιλικό οξύ, και αργότερα στην μετατροπή του σε γαλακτικό οξύ (σε περίπτωση που συνεχιστεί η έντονη προσπάθεια), ο ρυθμός παραγωγής και απομάκρυνσης του αλλάζει με αποτέλεσμα να γίνεται συσσώρευση του και να επέρχεται η κόπωση. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η αλλαγή στην οξεοβασική ισορροπία του αίματος και τελικά στο αίσθημα της κόπωσης (Klissouras, 2007).

Πολλές έρευνες έχουν εστιάσει στη συσχέτιση υπαίθριων δοκιμασιών με διάρκεια που κυμαίνεται στα 3-60 λεπτά (Nimmerichter et al., 2010, MacInnis et al., 2018, Borszcz et al., 2018, Costa and 2017, Morgan et al., 2019) με το αναερόβιο κατώφλι το οποίο ορίζουν ως την αρχή της αυξημένης συσσώρευσης του γαλακτικού στο αίμα (αρχικό σημείο καμπής σε ένα σχεδιάγραμμα καμπύλης γαλακτικού) αλλά ταυτόχρονα και με το “onset of blood lactate accumulation” (OBLA) κατά το οποίο υπάρχει ραγδαία αύξηση του γαλακτικού και των συμπααραγωγών του (απότομη αύξηση της καμπύλης στην τιμή του γαλακτικού) με αποτέλεσμα να κάνουν πιο όξινο το μυϊκό περιβάλλον, επιφέροντας τη κόπωση και τη μείωση του ρυθμού. Αντίθετα δεν υπάρχουν έρευνες που να έχουν συσχετίσει το έργο υπαίθριων δοκιμασιών με το αερόβιο κατώφλι, το οποίο όπως φαίνεται στον πίνακα 2 (Mourot et al., 2018) ορίζουν ως το σημείο όπου η τιμή του γαλακτικού είναι +1mmol από τις αρχικές τιμές που βρίσκονται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο (Coyle et al., 1991).

Για όλους τους παραπάνω λόγους τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί πολλές υπαίθριες δοκιμασίες που αξιολογούν τη φυσική κατάσταση του αθλητή σύμφωνα με το έργο που παράγει στη καθημερινή του προπόνηση. Αυτές ποικίλουν ως προς τη διάρκεια τους η οποία μπορεί να κυμαίνεται από τρία έως εξήντα λεπτά. Έρευνες που συσχέτισαν τη απόδοση στο αγώνισμα αντοχής της ποδηλασίας με τη δοκιμασία της μέγιστης ατομικής χρονομέτρησης για μία ώρα αποδείχτηκαν έγκυρες (Coyle et al., 1991) και αξιόπιστες υπό την προϋπόθεση ότι πραγματοποιούνται υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Bishop, 1997).

Βασικό πλεονέκτημα αυτών αποτελεί το γεγονός ότι ο αθλητής εκτελεί τη μέγιστη προσπάθεια ατομικής χρονομέτρησης στο ποδήλατο του κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ακριβώς στις ίδιες συνθήκες που ασκείται καθημερινά, οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί να ελέγξει την απόδοσή του και να δώσει τις απαραίτητες πληροφορίες στο προπονητή του (Carmichael and Rutberg, 2012, Allen and Coggan, 2010). Ως λειτουργικό κατώφλι ισχύος έχει οριστεί το μέσο όρο έργου που μπορεί να παράξει ένα αθλητής σε μία μέγιστη προσπάθεια ποδηλάτησης διάρκειας μίας ώρας (Allen and Coggan, 2010). Επειδή όμως αυτή η δοκιμασία είναι αρκετά επίπονη δημιουργήθηκε μία αντίστοιχη δοκιμασία διάρκειας 20 λεπτών. Σε αυτή τη περίπτωση από το μέσο όρο έργου αφαιρείται το 5% αυτού και προκύπτει το λειτουργικό κατώφλι ισχύος (Allen and Coggan, 2010). Χρησιμοποιώντας το νούμερο που προέκυψε αφαιρώντας το 5% και πολλαπλασιάζοντάς το με συγκεκριμένο ποσοστό (που παραθέτετε στο πίνακα 1) προκύπτουν οι ζώνες έργου τις οποίες χρησιμοποιεί ο αθλητής. Παρόλο που αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα τεστ αξιολόγησης, δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει επαρκής επιστημονική τεκμηρίωση αλλά και σαφής απάντηση στο ερώτημα εάν η μέγιστη χρονομετρημένη προσπάθεια πρέπει να εκτελείται σε ανηφόρα ή ευθεία, και γι' αυτό τον λόγο η τελική επιλογή γίνεται συνήθως από τον ίδιο τον αθλητή, και εξαρτάται από το που μπορεί εκείνος να έχει την υψηλότερη απόδοση. Η δοκιμασία αυτή είναι ιδιαίτερα απαιτητική για το σώμα καθώς απαιτεί ανεπτυγμένη τόσο αερόβια ικανότητα, όσο και αναερόβια.

Όπως έχουμε προαναφέρει, τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί αρκετά αντίστοιχα τεστ που στοχεύουν στη αναγνώριση της απόδοσης του αθλητή. Ένα από αυτά είναι η οκτάλεπτη δοκιμασία που εκτελείται με τον ίδιο

τρόπο από τον αθλητή με την διαφορά να εντοπίζεται στο γεγονός της μικρότερης διάρκειας. Ο υπολογισμός του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο $FTP = 8\text{-minute field test (w)} \times 0.90$ (Allen and Coggan, 2010).

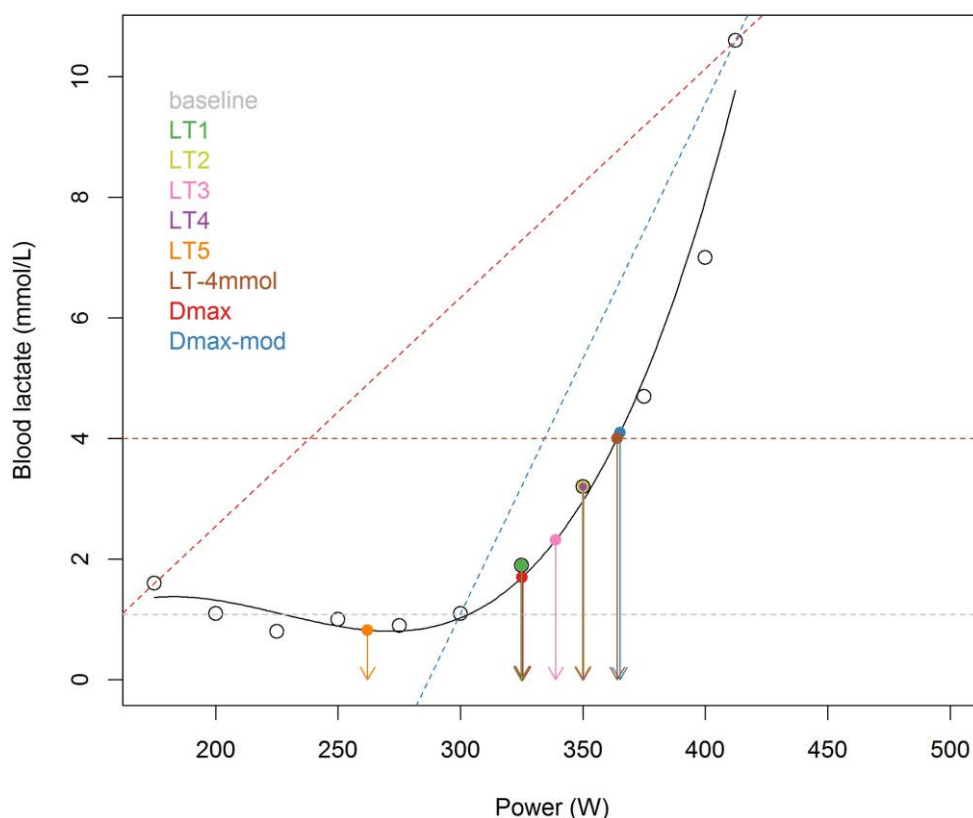
Σε πρόσφατη έρευνα δεκαεννέα ποδηλάτες υψηλού επιπέδου δοκιμάστηκαν σε υπαίθρια δοκιμασία μέγιστης προσπάθειας και διάρκειας 8 λεπτών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μέσος όρος του έργου παρουσίασε υψηλή συσχέτιση ($r=0.61-0.82$) με δείκτες απόδοσης για αγωνίσματα αντοχής (Sanders et al., 2017). Σε αντίστοιχη έρευνα (Gavin et al., 2012a) δεν φάνηκε να παρουσιάζει καμία διαφορά ο μέσος όρος έργου της οκτάλεπτης δοκιμασίας (που πραγματοποιήθηκε στη καθημερινή προπόνηση του αθλητή) με το γαλακτικό κατώφλι στα 4mmol. Όμως φάνηκε να είναι σημαντικά υψηλότερο το έργο στο γαλακτικό κατώφλι (όταν αυτό ορίστηκε σε αύξηση μεγαλύτερη ή ίση του 1mmol από τη προηγούμενη τιμή) (MacDougall et al., 1991) από το μέσο όρο της υπαίθριας δοκιμασίας. Αντίθετα οι (Klika et al., 2007) σε παρόμοια έρευνα διαπίστωσαν ότι το έργο στη υπαίθρια μέγιστη οκτάλεπτη δοκιμασία ήταν 7,5% υψηλότερο από εκείνο που μετρήθηκε στο γαλακτικό κατώφλι κατά την εργομετρική διαδικασία, το οποίο συμβαδίζει με τα αποτελέσματα της έρευνας των Sanders et al. (2017). Σε έρευνες των Bishop et al. (1998) σε γυναίκες ποδηλάτισσες φάνηκε ότι ο μέσος όρος του έργου μιας μέγιστης ατομικής χρονομέτρησης διάρκειας μίας ώρας σχετίζεται με τους δείκτες γαλακτικού Dmax και OBLA. Αντίθετα αποτελέσματα φαίνονται να προέκυψαν από την έρευνα των Bentley et al. (2001a) καθώς δεν φάνηκε να παρουσιάστηκε κάποια αντιστοιχία μεταξύ του OBLA και του μέσου όρου έργου της εικασάλεπτης δοκιμασίας. Οι MacInnis et al. (2018) σε έρευνα τους βρήκαν υψηλή συσχέτιση στην τιμή mean power output (MPO) μεταξύ των δοκιμασιών τετράλεπτης (4min), εικοσάλεπτης (20min), και ωριαίας (60min) μέγιστης προσπάθειας. Σε πρόσφατη μελέτη από τους Klitzke Borszcz et al. (2020) για την αξιοπιστία της εικοσάλεπτης μέγιστης προσπάθειας ως μέσω πρόβλεψης του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος βρέθηκε μεγάλη αξιοπιστία σχετικά με το μέσο όρο του έργου (power output) και την καρδιακή συχνότητα (heart rate) σε σύγκριση με την αρχική έρευνα των Allen and Coggan (2010). Παρόμοια ευρήματα για την αξιοπιστία της

εικοσάλεπτης δοκιμασίας φάνηκαν στην έρευνα των Nimmerichter et al. (2010).

Πίνακας 1: Ζώνες προπόνησης

Level	Name/purpose	% of threshold power	% of threshold HR	RPE	Time
1	Active recovery	≤55%	≤68%	<2	70-80 years
2	Endurance	56-75%	69-83%	2-3	2.5 hours to 14 days
3	Tempo	76-90%	84-94%	3-4	30min to 8 hours
4	Lactate threshold	91-105%	95-105%	4-5	10 - 60 min.
5	VO ₂ max	106-120%	>106%	6-7	3 - 8 min.
6	Anaerobic capacity	121-150%	N/a	>7	30 sec. - 2 min.
7	Neuromuscular power	N/a	N/a	(maximal)	5 - 15 sec.

Πίνακας 2.0: Σχηματική απεικόνιση διάφορων ειδών κατωφλίων



Σχηματική απεικόνιση διάφορων εννοιών στις τιμές γαλακτικού (Mourrot et al., 2018).

LT1, πράσινη κουκίδα και βέλος: Η πρώτη σημαντική άνοδος του γαλακτικού.

LT2, κίτρινη κουκίδα και βέλος: Πρώτη καταγεγραμμένη τιμή γαλακτικού μεγαλύτερη από 1 mmol πάνω από τη βασική γραμμή (γκρι διακεκομμένη).

LT3, ροζ κουκίδα και βέλος: Το μικρότερο γαλακτικό ισοδύναμο (γαλακτικό στο αίμα διαιρεμένο από την ισχύ) συν 1,5 mmol.

LT4, μωβ κουκίδα και βέλος: Πρώτη τιμή γαλακτικού που δείχνει μία αύξηση τουλάχιστον 1 mmol.

LT5, πορτοκαλί κουκίδα και βέλος: Το μικρότερο γαλακτικό ισοδύναμο (γαλακτικό στο αίμα διαιρεμένο από την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου). LT-4mmol, καφέ κουκίδα και βέλος: Η τιμή στο κατώφλι στα 4mmol (καφέ διακεκομμένη γραμμή).

Dmax: κόκκινη κουκίδα με βέλος και διακεκομμένη κόκκινη γραμμή: Η τιμή με τη μεγαλύτερη κάθετη απόσταση από την (αντίστοιχη) διακεκομμένη γραμμή.

Dmax-mod: μπλε κουκίδα με βέλος και διακεκομμένη μπλε γραμμή: Η τιμή με τη μεγαλύτερη κάθετη απόσταση από την (αντίστοιχη) διακεκομμένη γραμμή.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να ερευνήσει τη σχέση που παρουσιάζεται μεταξύ του μέσου έργου της εικοσάλεπτης μέγιστης προσπάθειας και του έργου που μετρήθηκε στο αερόβιο και αναερόβιο κατώφλι στην εργομετρική διαδικασία.

Επίσης θα ερευνήσουμε τις διαφορές που παρουσιάζονται στην μέση καρδιακή συχνότητα της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας συγκριτικά με τις τιμές στο αερόβιο και αναερόβιο κατώφλι στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες και κριτήρια συμμετοχής

Άνδρες ποδηλάτες με σταθερή αγωνιστική δραστηριότητα και συμμετοχή σε τουλάχιστον δέκα αγώνες αντοχής ποδηλασίας τα τελευταία τρία χρόνια, με προπονητικό όγκο τουλάχιστον τέσσερις φορές ανά εβδομάδα (κατά μέσο όρο) τους τελευταίους 6 μήνες προσκλήθηκαν να συμμετάσχουν στην έρευνα. Επίσης η ηλικία των αθλητών έπρεπε να είναι ανάμεσα στο 17^ο και 40^ο έτος.

Από την έρευνα αποκλείστηκαν αναβάτες που είχαν παρουσιάσει τραυματισμούς μυοσκελετικής ή παθολογικής φύσεως τους τελευταίους έξι μήνες ή είχαν κάποια άλλη παθολογία μη συμβατή με άσκηση μέγιστης έντασης.

Διαδικασία

Οι αθλητές αφού προσήλθαν στις εγκαταστάσεις του ΤΕΦΑΑ Τρικάλων και στην αίθουσα που θα πραγματοποιούνταν οι εργαστηριακές μετρήσεις, διάβασαν και υπέγραψαν το έντυπο συναίνεσης δοκιμαζόμενου (διαδικασία, προσδοκώμενες ωφέλειες, κίνδυνοι και ενοχλήσεις), ενώ κάθε αθλητής έφερε μαζί του το αθλητικό του δελτίο υπογεγραμμένο από τους γιατρούς όπως ορίζει η Ελληνική Ομοσπονδία Ποδηλασίας.

Στη συνέχεια οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν στις απαραίτητες σωματομετρικές μετρήσεις. Αφού αφαίρεσαν όλο το ρουχισμό (εκτός από το κοντό παντελονάκι) τα υποδήματα και τα κοσμήματα τους, ανέβηκαν στη ζυγαριά-αναστημόμετρο (SECA 711, SECA, Birmingham, United Kingdom) για τη ζύγιση τους. Αμέσως μετά ακολούθησε η μέτρηση του ύψους στην ίδια συσκευή υπό τις οδηγίες του ερευνητή. Οι εθελοντές στέκονταν σε όρθια θέση με το στήθος σε πρόταση, τα πόδια τεντωμένα, ενώ οι φτέρνες και το κεφάλι παρέμεναν κολλημένα στο τοίχο. Για τη μέτρηση του σωματικού λίπους των αθλητών χρησιμοποιήθηκε δερματοπτυχόμετρο (HARPENDEN, Baty International, West Sussex, United Kingdom) και περιλάμβανε τα παρακάτω σημεία: θωρακική, υπερλαγόνια, μηριαία, κοιλιακή, υποπλάτια, μασχαλιαία, δικέφαλου, τρικέφαλου. Σε κάθε ένα από τα παραπάνω σημεία

πραγματοποιήθηκε μέτρηση τρεις φορές και τελικά καταγράφηκε ο μέσος όρος αυτών. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν λάβει σαφείς οδηγίες σχετικά με την διατροφή τους αλλά και την προπόνηση που θα ακολουθούσαν δύο μέρες πριν τη πρώτη μέτρηση έως και την ημέρα της δεύτερης μέτρησης. Συγκεκριμένα το προπονητικό πλάνο περιλάμβανε, δύο μέρες πριν τη πρώτη μέτρηση ξεκούραση, την επόμενη μέρα χαλαρή προπόνηση ευθείας, διάρκειας περίπου μίας ώρας, ενώ την ενδιάμεση μέρα από τις δύο μετρήσεις οι αθλητές απείχαν από άσκηση. Παράλληλα όλοι οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν οδηγίες, τις δύο τελευταίες ημέρες πριν τη κάθε μέτρηση να ακολουθήσουν ένα διαιτολόγιο πλούσιο σε υδατάνθρακες, αντίστοιχο με εκείνο που συνηθίζουν να χρησιμοποιούν πριν τη συμμετοχή τους σε κάποιο αγώνα (Bentley et al., 2001a, MacInnis et al., 2018).

Μέτρηση σταδιακά αυξανόμενου έργου

Μετά την ολοκλήρωση των σωματομετρικών μετρήσεων οι αθλητές ετοιμάστηκαν για την εργομετρική δοκιμασία. Αρχικά φόρεσαν το κατάλληλο ρουχισμό (ποδηλατικό παντελονάκι, ποδηλατική μπλούζα, ποδηλατικά παπούτσια) και ξεκίνησαν να ρυθμίζουν τις διαστάσεις του ποδηλάτου, ώστε να ταιριάζουν στα εκάστοτε χαρακτηριστικά του καθενός. Αυτό περιλάμβανε το ύψος της σέλας, και το μήκος του λαιμού του ποδηλάτου. Αμέσως μετά ο κάθε αθλητής ξεκίνησε το απαραίτητο ζέσταμα διάρκειας περίπου δέκα λεπτών και επιβάρυνσης 100-120w. Ακριβώς μετά το ζέσταμα ο αθλητής τοποθετούσε πάνω του το ειδικό γιλέκο ώστε να τοποθετηθούν οι συσκευές μέτρησης και παράλληλα ξεκίνησε η βαθμονόμηση του αναλυτή αερίων (Oxycon Mobile, PCa, Viasis Healthcare GmbH, Germany). Η αρχική επιβάρυνση ορίστηκε στα 100w. Ο κάθε δοκιμαζόμενος ενθαρρυνόταν από τον ερευνητή να διατηρεί τουλάχιστον 80-90 στροφές το λεπτό, να ποδηλατεί με μεγάλη συγκέντρωση με περιορισμό των περιττών κινήσεων και σπατάλης των δυνάμεων του. Κάθε δεύτερο λεπτό η αντίσταση αυξανόταν 40w, μέχρι την εξάντληση του εκάστοτε αθλητή. Για να διασφαλίσουμε την μέγιστη προσπάθεια του αναβάτη έπρεπε να πληρούνται τουλάχιστον τρία από τα παρακάτω κριτήρια απόδοσης. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου έπρεπε να φτάσει στις μέγιστες σταθερές τιμές της (πλατό), η καρδιακή συχνότητα

έπρεπε να ξεπεράσει το 90% της μέγιστης προβλεπόμενης τιμής της ηλικίας του δοκιμαζόμενου, το αναπνευστικό πηλίκο έπρεπε να ξεπεράσει το 1.10, το γαλακτικό να ξεπεράσει τα 8mmol/L, ή ο δείκτης RPE να φθάσει τουλάχιστον το 18.

Αμέσως μετά το τέλος του κάθε σταδίου πραγματοποιούνταν η μέτρηση του γαλακτικού. Η λήψη του δείγματος γινόταν από το δάκτυλο (δείκτη) του χεριού του αναβάτη. Αφού γινόταν καθαρισμός αυτού με οινόπνευμα, με ένα ελαφρύ τσίμπημα έβγαине η πρώτη σταγόνα αίμα η οποία και καθαριζόταν. Στη συνέχεια ο ερευνητής, έπαιρνε το δείγμα αίματος με τη συσκευή lactate plus (Nova Biomedical, UK) η οποία έδειχνε την τιμή της μέτρησης. Το έργο που μετρήθηκε στην τιμή 1.0 του δείκτη RER ορίστηκε ως αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι, ενώ για την τιμή OBLA σχεδιάστηκε η καμπύλη γαλακτικού και στο σημείο που υπήρχε ραγδαία αύξηση της τιμής του ορίστηκε η τιμή του (Bishop et al., 1998).

Στο τέλος της προσπάθειας και αμέσως μετά από την τελευταία μέτρηση του γαλακτικού, ακολουθούσε περίοδος αποθεραπείας διάρκειας 10 λεπτών μέχρι να επανέλθει η καρδιακή συχνότητα του αθλητή σε φυσιολογικά επίπεδα. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 9.00 π.μ-14.00μ.μ. Η θερμοκρασία κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις κυμάνθηκε από 24 - 27,5 βαθμούς κελσίου, ενώ η υγρασία από 43%-57%.

Μέτρηση λειτουργικού κατωφλιού ισχύος

Μόλις ολοκληρώθηκε η μέτρηση του σταδιακά αυξανόμενου έργου ακολούθησε μία ημέρα ξεκούρασης. Την επόμενη μέρα οι συμμετέχοντες προσήλθαν στις εγκαταστάσεις του ΤΕΦΑΑ, στην ίδια αίθουσα που έλαβαν χώρα οι πρώτες μετρήσεις, όπου επακολούθησε η μέτρηση του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος. Οι αθλητές φόρεσαν τον απαραίτητο ρουχισμό και τα κατάλληλα παπούτσια και ξεκίνησαν να φτιάχνουν τις διαστάσεις του εργομετρικού ποδηλάτου ώστε να πετύχουν ακριβώς την ίδια θέση με αυτή του ποδηλάτου όπου προπονούνται καθημερινά. Αμέσως μετά εφόρμισαν πάνω στη πλάτη τους τις ασύρματες συσκευές του αναλυτή αερίων που χρησιμοποιήθηκαν και στην προηγούμενη εργομέτρηση και παράλληλα έγινε η αναγκαία βαθμονόμηση από τους ερευνητές.

Το πρωτόκολλο που συνιστούν οι δημιουργοί της εικοσάλεπτης δοκιμασίας (Allen and Coggan, 2010) αλλά και κάποιες νεότερες έρευνες (Borszcz et al., 2018, Valenzuela et al., 2018) ξεκινάει με προθέρμανση 45 λεπτά σε χαλαρό ρυθμό και στη συνέχεια πέντε λεπτά μέγιστη προσπάθεια. Παρόλα αυτά, άλλη πρόσφατη βιβλιογραφία προτείνει να αποφεύγεται η έντονη προθέρμανση καθώς μπορεί να μειώσει την απόδοση των αθλητών στο πρωτόκολλο (Morgan et al., 2019, MacInnis et al., 2018). Στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε σύντομη προπόνηση 10 λεπτών, χωρίς το μέγιστο κομμάτι αλλά σταθερή αντίσταση 100-120w, παρόμοια και με την προθέρμανση πριν από τη μέγιστη δοκιμασία.

Για το κυρίως μέρος του πρωτοκόλλου, ορίστηκε η αντίσταση του κυκλοεργόμετρου σε σταθερή κλίση 5% και ξεκίνησε η μέγιστη προσπάθεια κατά την οποία έπρεπε να επιτευχθεί ο μεγαλύτερος μέσος όρος έργου (avg watt), αντίστοιχο με αυτό που θα επιδίωκε ο αθλητής σε ένα αγώνα ατομικής χρονομέτρης. Η συγκεκριμένη κλίση (αντίσταση) επιλέχθηκε ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση με τις συνθήκες της διαδρομής που προπονούνται οι αθλητές στις ορεινές τους προπονήσεις. Καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσάλεπτου υπήρχε ανατροφοδότηση του ερευνητή προς τους ασκούμενους για τους στιγμιαίους δείκτες του έργου (watt), του μέσου όρου έργου (avg watt), τη πορεία των καρδιακών παλμών (avg hr) και εκείνη της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2). Επίσης οι αθλητές προτρέπονταν να περιορίζουν τις περιττές κινήσεις ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο οικονομικοί και σταθεροί πάνω στο ποδήλατο.

Μετά το πέρας των είκοσι λεπτών έγινε η λήψη αίματος από το δείκτη του δακτύλου ακριβώς με την ίδια διαδικασία και την ίδια συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στην εργομέτρηση του σταδιακά αυξανόμενου έργου. Ταυτόχρονα μειώθηκε η αντίσταση στα 100w, ώστε να μπορούν να κάνουν αποθεραπεία οι αθλητές για περίπου 10 λεπτά. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 9.00π.μ - 14.00μ.μ. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμάνθηκε από 25 – 28 βαθμούς κελσίου, ενώ η υγρασία από 40%-53%.

Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής SPSS, έκδοση 22. Υπολογίστηκαν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων και στη συνέχεια ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής με Kolmogorov - Smirnov test. Βρέθηκε ότι υπάρχει κανονική κατανομή, οπότε εκτελέστηκε συσχέτιση Pearson μεταξύ των δεικτών “έργο μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας” – “έργο στο αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου”, “καρδιακή συχνότητα μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας” – “καρδιακή συχνότητα στο αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου”, “κατανάλωση οξυγόνου μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας” – “κατανάλωση οξυγόνου στο αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου”, “έργο στο αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου” – “έργο στο αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου”, “έργο στο αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου” – “έργο μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας”. Στη συνέχεια εξετάστηκε το κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα (paired samples t -test). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε ως $p < 0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα γενικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (3).

Πίνακας 3: Γενικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Ηλικία(έτη)	26,7	8,4
Ύψος(cm)	177,8	3,3
Βάρος(kg)	69,6	6,5
ΔΜΣ(kg/m ²)	22,1	2,4
Σωματικό Λίπος(%)	5,5	2,0
VO ₂ max(ml/kg/min)	64,5	10,4

Ο μέσος όρος της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου που προέκυψε μετά από τη πρώτη μέτρηση των οχτώ αθλητών ήταν 64,58 ml/kg/min ($\pm 10,48$) ενώ στη δεύτερη μέγιστη εικοσάλεπτη δοκιμασία μετρήθηκε στα 51,53 ml/kg/min($\pm 7,36$). Ο μέσος όρος έργου στο αερόβιο κατώφλι στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου ήταν 230w (± 38 w), ενώ στο αναερόβιο κατώφλι της ίδιας δοκιμασίας ήταν 285w ($\pm 24,49$). Αντίστοιχα ο μέσος όρος έργου της μέγιστης εικοσάλεπτης μέτρησης ήταν 268w ($\pm 28,26$) και του OBLA 281w ($\pm 26,95$). Η καρδιακή συχνότητα στο αερόβιο κατώφλι στη πρώτη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου ήταν 154bpm(± 14) ενώ στο αναερόβιο κατώφλι στην ίδια δοκιμασία είχε μέσο όρο 172bpm(± 14). Η καρδιακή συχνότητα στη μέτρηση του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος υπολογίστηκε στους 178bpm(± 10) και του OBLA στους 168bpm(± 15).

Πίνακας 4: Καταγεγραμμένοι μέσοι όροι καρδιακής συχνότητας και μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου στις εργομετρικές δοκιμασίες

	Εργομέτρηση	FTP
VO ₂ max	64,58 ml/kg/min ($\pm 10,48$)	51,53 ml/kg/min($\pm 7,36$)
Καρδιακή Συχνότητα στο Αναερόβιο κατώφλι	172 hr(± 14)	-
Καρδιακή Συχνότητα στο Αερόβιο κατώφλι	154hr(± 14)	-
Καρδιακή Συχνότητα στο OBLA	168hr(± 15)	-
Καρδιακή Συχνότητα (μέση)	-	178 hr(± 10)

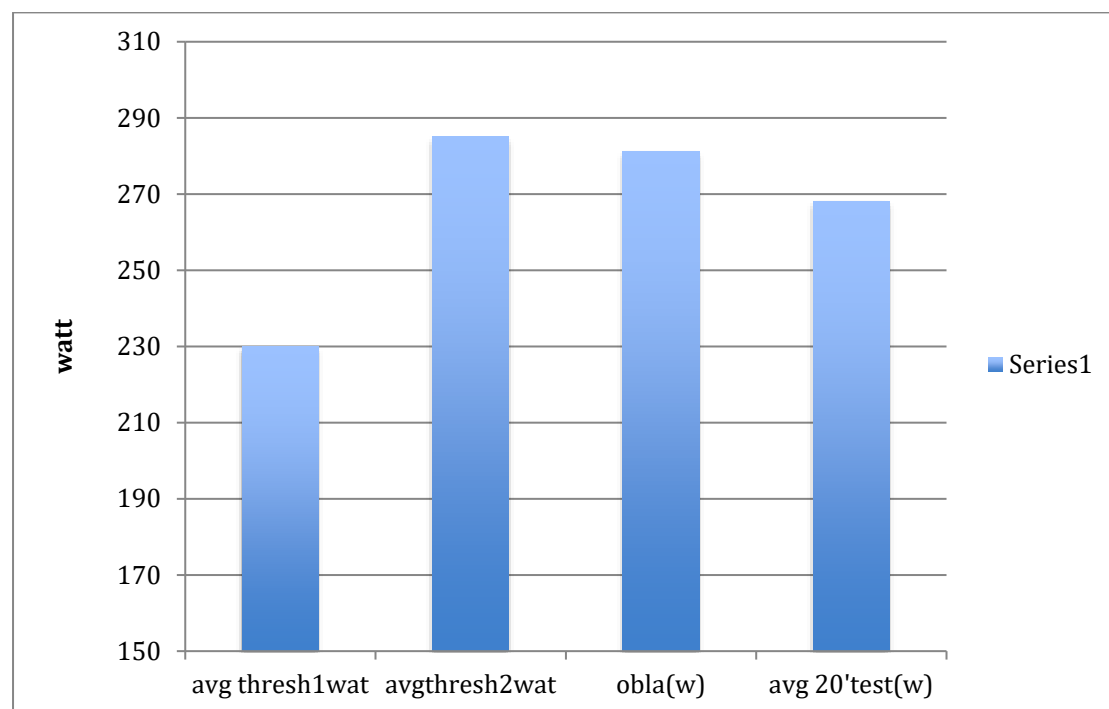
Ο μέσος όρος του έργου της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας παρουσίασε συσχέτιση (r) 0,670 με το έργο στο αναερόβιο κατώφλι της πρώτης δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου. Χαμηλότερη συσχέτιση (r) 0,632 παρατηρήθηκε μεταξύ του έργου στο αερόβιο κατώφλι και του έργου στο μέσο όρο του FTP. Μέτρια συσχέτιση παρατηρήθηκε ανάμεσα στο έργο του OBLA με το έργο στο αναερόβιο κατώφλι στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου (r) 0,465 και στο έργο του OBLA με το έργο στη μέγιστη εικοσάλεπτη δοκιμασία (r) 0,525.

Στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε ανάμεσα στο έργο της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας με το έργο στο αναερόβιο κατώφλι στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου ($p < 0,01$). Παρόμοια στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε ανάμεσα στο έργο της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας με το έργο στο αερόβιο κατώφλι στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου ($p < 0,01$), καθώς επίσης στο έργο του OBLA με το έργο της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας ($p < 0,01$) και στο έργο του OBLA με το έργο στο αναερόβιο κατώφλι στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου ($p < 0,01$).

Πίνακας 5: Καταγεγραμμένοι μέσοι όροι έργου στις εργομετρικές δοκιμασίες

Δοκιμασία	Μέσος όρος $\pm$ τ.α.
FTP	268 $\pm$ 28,26
Αερόβιο κατώφλι	230 $\pm$ 38,54
Αναερόβιο κατώφλι	285 $\pm$ 24,89
OBLA	281,25 $\pm$ 26,95

Γράφημα 1: Σχηματική απεικόνιση καταγεγραμμένων μέσων όρων έργου στις εργομετρικές δοκιμασίες



ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στόχος της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει τη σχέση που παρουσιάζεται μεταξύ του μέσου έργου της εικοσάλεπτης μέγιστης προσπάθειας και του έργου που μετρήθηκε στο αερόβιο και αναερόβιο κατώφλι σε εργομετρική διαδικασία. Ο αρχικός σχεδιασμός της παρούσας έρευνας περιλάμβανε μία μέτρηση σταδιακά αυξανόμενου έργου στο εργαστήριο ενώ σε δεύτερο βαθμό ακολουθούσε μια εικοσάλεπτη ,μέγιστη ,εργαστηριακή (όχι υπαίθρια) δοκιμασία ατομικής χρονομέτρησης ώστε να μετρηθούν τα αποτελέσματα των αθλητών ακριβώς όπως προπονούνται στη καθημερινότητα. Οι μετρήσεις στο εργαστήριο θα επιβεβαίωναν την απόδοση των αθλητών στην υπαίθρια δοκιμασία.

Βασικό εύρημα της μελέτης είναι η χαμηλότερη τιμή ~7% του έργου της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας σε σχέση με το έργο στο αναερόβιο κατώφλι που μετρήθηκε στην δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου. Επίσης το έργο του εικοσάλεπτης δοκιμασίας παρουσιάζει υψηλότερη τιμή κατά 14 % σε σχέση με το έργο που μετρήθηκε στο αερόβιο κατώφλι κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας σταδιακά αυξανόμενου έργου. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι αθλητές παρουσίασαν μεγάλη διακύμανση μεταξύ των μέσων τιμών ισχύος στη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου και στη μέγιστη εικοσάλεπτη δοκιμασία, γεγονός που έχει παρατηρηθεί σε αντίστοιχες έρευνες (Inglis et al., 2019, Borszcz et al., 2018). Σε κάποιους αθλητές οι δύο δείκτες φάνηκε να διαφέρουν κατά μία έως δέκα μονάδες ενώ σε άλλους η διαφορά ανήλθε σε 56w, καταδεικνύοντας ότι σε κάποιους το αναερόβιο κατώφλι αντιστοιχεί στο 105% της αρχικής δοκιμασίας των 60' λεπτών, ενώ σε άλλους στο 110% ή και περισσότερο . Η συγκεκριμένη διαφορά πολύ πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι στη παρούσα έρευνα η μέγιστη εικοσάλεπτη δοκιμασία εκτελέστηκε στο κυκλοεργόμετρο και όχι στο πεδίο όπως συμβαίνει με το πρωτόκολλο των (Allen and Coggan, 2010). Η επιλογή για την εκτέλεση της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας στο εργαστήριο έγινε για πρακτικούς λόγους, καλύτερης ασφάλειας των δοκιμαζομένων (ειδικότερα για τους νεότερους δοκιμαζόμενους) και ευκολότερο έλεγχο των συνθηκών εκτέλεσης των μετρήσεων. Σε περίπτωση εκτέλεσης της δοκιμασίας στο πεδίο θα ήταν αδύνατη για πρακτικούς λόγους η χρήση του αναλυτή αερίων. Δυστυχώς δεν

έχουν εκτελεστεί αντίστοιχες έρευνες μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίες σε εργαστήριο για να μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για τις διαφορές έργου που πιθανόν να προκύπτει μεταξύ της εκτέλεσης του εικοσάλεπτου τεστ στο δρόμο ή στο εργαστήριο.

Επιπλέον η μεγάλη διακύμανση του έργου ανάμεσα στους αθλητές είναι πιθανόν να πηγάζει από πολλά και διαφορετικά αίτια. Αρχικά η διαφορετική προπονητική εμπειρία που σχετίζεται τόσο με τη πληθώρα-ποικιλία ασκήσεων αλλά και με τις προπονητικές ώρες και την εμπειρία που αποκτάει ο ασκούμενος ως προς τη σωστή εκτέλεση τους και το σωστό καταμερισμό των δυνάμεων σε υπομέγιστες – μέγιστες προσπάθειες. Εξίσου σημαντικό είναι και το γεγονός ότι οι πιο έμπειροι αθλητές στη προπόνηση παρουσιάζουν μεγαλύτερη αγωνιστική εμπειρία και συνακόλουθα περισσότερες συμμετοχές σε αγώνες όμοιους (ατομικές χρονομετρήσεις) με την εργομετρική δοκιμασία που κλήθηκαν να φέρουν εις πέρας. Μεγάλη διαφορά παρουσιάζει η μέση τιμή της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας καθώς υπερτερεί 14% σε σχέση με το αερόβιο κατώφλι κατά μέσο όρο.

Εκτός από τη υψηλότερη τιμή στο μέσο όρο έργου κατά τη μέτρηση του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος, παράλληλα παρατηρήθηκε υψηλότερη τιμή στη κατανάλωση οξυγόνου. Στην εργομετρική διαδικασία με το σταδιακά αυξανόμενο έργο μετρήθηκε μικρότερη κατανάλωση οξυγόνου σε σχέση με την εικοσάλεπτη δοκιμασία. Η μεγαλύτερη αυτή τιμή, πιθανόν να εξηγείται από το γεγονός ότι ο ασκούμενος από την αρχή της δοκιμασίας καλείται να ασκηθεί σε υψηλό έργο και να το διατηρήσει ή αυξήσει αυτό μέχρι το τέλος της μέτρησης, ακριβώς όπως συμβαίνει σε ένα αγώνισμα ατομικής χρονομέτρησης ή σε μία δοκιμασία μέτρησης λειτουργικού κατωφλιού ισχύος στη προπόνηση του. Αντίθετα κατά τη μέτρηση του σταδιακά αυξανόμενου έργου ο αθλητής στη αρχή της δοκιμασίας παρουσιάζει χαμηλή κατανάλωση οξυγόνου λόγω της χαμηλής αντίστασης – έργου. Αντίστοιχες διαφορές ανάμεσα στις δύο εργομετρήσεις παρατηρούμε και στη διακύμανση της καρδιακής λειτουργίας. Στην εικοσάλεπτη δοκιμασία καταγράφεται μέσος καρδιακός ρυθμός $178 \pm 10 \text{ bpm}$, ενώ στο αναερόβιο κατώφλι της μέτρησης σταδιακά αυξανόμενου έργου $172 \pm 14 \text{ bpm}$. Πιθανή αιτία αυτής της διαφοράς οφείλεται στη άμεση ανταπόκριση και διατήρηση του ασκούμενου σε πολύ

υψηλό έργο, το οποίο αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό της δοκιμασίας για το λειτουργικό κατώφλι ισχύος.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι κατά παρέκκλιση του πρωτοκόλλου εκτέλεσης της δοκιμασίας του λειτουργικού κατωφλίου ισχύος οι δοκιμαζόμενοι δεν εκτέλεσαν πριν από την μέτρηση, την μέγιστη προσπάθεια διάρκειας πέντε λεπτών που ορίζει ο συγγραφέας (Allen and Coggan, 2010), η οποία λειτουργεί ως ένα έντονο ζέσταμα πριν το μέγιστο εικοσάλεπτο τεστ (παρεμβαλλόμενο από διάλειμμα τουλάχιστον 10 λεπτών). Ο λόγος της αλλαγής αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι οι ασκούμενοι είχαν εκτελέσει την εργομετρική δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου δύο μέρες νωρίτερα, με αποτέλεσμα όλοι τους να μην νιώθουν την ανάγκη να εκτελέσουν ένα τόσο υψηλής έντασης ζέσταμα. Δεν γνωρίζουμε αν το γεγονός αυτό έπαιξε κάποιο ρόλο στο μέσο καρδιακό ρυθμό των αθλητών στις δύο διαφορετικές μετρήσεις.

Στην στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας έγινε διαχωρισμός των αθλητών σε υψηλού επιπέδου και μέτριου επιπέδου, σύμφωνα με τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου που μετρήθηκε. Στη πρώτη δοκιμασία σταδιακά αυξανόμενου έργου, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο έργου του αναερόβιου κατωφλίου ανάμεσα στις δύο ομάδες. Αντίθετα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο έργου της δεύτερης δοκιμασίας με την ομάδα υψηλού επιπέδου να έχει μέσο όρο 283watt, και την ομάδα μετρίου επιπέδου 252watt. Παρόλο που η διαφορά των 30watt μεταξύ των δύο ομάδων δεν φάνηκε να είναι στατιστικά σημαντική, όπως φαίνεται από τον πίνακα 1, αποτελεί όμως το εύρος μίας 'ζώνης' ισχύος σε έναν από τους πιο διαδεδομένους πίνακες του είδους, καθώς προέρχεται από τους δημιουργούς της έννοιας του λειτουργικού κατωφλίου ισχύος. Στη πραγματικότητα για δύο αθλητές με το ίδιο βάρος η συγκεκριμένη διαφορά στο μέσο όρο έργου θα δημιουργούσε μία εντυπωσιακή διαφορά χρόνου σε μια ατομική χρονομέτρηση ή σε έναν αγώνα αντοχής (Vogt et al., 2007b, Vogt et al., 2007a).

Παρόλο που οι αθλητές είχαν σαφείς οδηγίες και σωστή καθοδήγηση το συνηθέστερο λάθος που παρουσιάζουν (συνήθως οι λιγότερο έμπειροι) είναι να υπερεκτιμάνε τις δυνάμεις του και από ένα αρκετά υψηλό μέσο όρο έργου στην αρχή της προσπάθειας να αρχίζουν να μειώνουν τη τιμή αυτή

λόγω έντονης κόπωσης. Επιπλέον μια τόσο μεγάλη διακύμανση πιθανόν να πηγάζει από τα ατομικά χαρακτηριστικά του κάθε αθλητή , καθώς δεν είναι λίγοι οι αθλητές οι οποίοι δεν μπορούν να αποδώσουν το μέγιστο σε μία τέτοια παρατεταμένη προσπάθεια, ενώ αντίθετα άλλοι (αθλητές που ειδικεύονται στις ατομικές χρονομετρήσεις) παρουσιάζουν μεγάλη σταθερότητα σε τέτοιου είδους προσπάθειες.

Φυσικά δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε το γεγονός ότι σημαντικό ρόλο στη πληθώρα των διακυμάνσεων αυτών έχουν και οι προπονητικές προσαρμογές του εκάστοτε ασκούμενου. Για παράδειγμα ένας αθλητής με έντονη αγωνιστική δραστηριότητα και εστιασμένη προπόνηση στην ανοχή γαλακτικού, θα παρουσίαζε καλύτερη απόδοση από κάποιον ο οποίος είχε φτωχή αγωνιστική δραστηριότητα και προπόνηση εστιασμένη σε άλλες παραμέτρους απόδοσης.

Κάθε αθλητής παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στην απόδοσή του και τα περισσότερα αίτια γι' αυτό τα έχουμε προαναφέρει. Φυσικά σημαντικοί παράγοντες είναι οι γενετικοί οι οποίοι σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της 'προπονητικής και αγωνιστικής παρακαταθήκης' στο άθλημα ολοκληρώνουν το μεταβολικό προφίλ του κάθε αναβάτη. Αυτό αποτελείται από το σύνολο των βιολογικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την απόδοση του αθλητή. Το σύνολο των ερεθισμάτων στα οποία έχει εκτεθεί ο κάθε ασκούμενος έχει επιφέρει συγκεκριμένες προσαρμογές σε όλους τους ιστούς του. Κάποιοι χαρακτηρίζονται από ένα ανεπτυγμένο γλυκολυτικό σύστημα, ενώ άλλοι φαίνεται να έχουν εξελίξει περισσότερο το οξειδωτικό σύστημα. Είναι επίσης γνωστό από την βιβλιογραφία ότι οι συγκεκριμένοι ενεργειακοί μηχανισμοί και τα ενεργειακά υποστρώματα σχετίζονται με συγκεκριμένους τύπους μυϊκών ινών. Αν για παράδειγμα κάποιος ασκείται συστηματικά σε προπόνηση αντοχής χαμηλής – μέτριας έντασης, στις ζώνες 2-3 του πίνακα 1, σίγουρα θα βελτιώσει τη φυσική του κατάσταση και τη απόδοσή του βελτιώνοντας τις αερόβιες προσαρμογές του και το οξειδωτικό σύστημα, χωρίς παράλληλα να προοδεύει το γλυκολυτικό μηχανισμό και τις μυϊκές ίνες τύπου IIA, όπου γνωρίζουμε ότι απαιτούν άλλου είδους προπόνηση. Στην ομάδα των λιγότερων έμπειρων αθλητών παρατηρήθηκε κακός καταμερισμός των δυνάμεων, διατηρώντας τα πρώτα λεπτά της προσπάθειας υψηλές τιμές έργου προερχόμενου σε μεγαλύτερο βαθμό

(ποσοστιαία) από τον αναερόβιο γλυκολυτικό μηχανισμό. Ταυτόχρονα η έλλειψη χρόνιων αερόβιων προσαρμογών, οι οποίες διαδραματίζουν τον καθοριστικότερο ρόλο, όσο περισσότερο διαρκεί η προσπάθεια, οδήγησε αναπόφευκτα σε μεγαλύτερη πτώση του έργου προς το τέλος της δοκιμασίας τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συμπερασματικά εκτελώντας τη μέγιστη εικοσάλεπτη δοκιμασία, προκύπτει μία μέση τιμή έργου η οποία σχετίζεται άμεσα με το αναερόβιο κατώφλι, χωρίς όμως να μπορεί εύκολα να καταδείξει τα δυνατά ή αδύναμα στοιχεία του ασκούμενου, και επακόλουθα να φανερώσει στο προπονητή του τις αδυναμίες και το είδος της προπόνησης που είναι πιο ωφέλιμο γι' αυτόν.

Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό αν αναλογιστούμε το παράδειγμα δύο αθλητών ισάξιας εμπειρίας που εκτελούν τη δοκιμασία του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος (FTP) καταλήγοντας με τον ίδιο μέσο όρο ισχύος με διαφορετική όμως διακύμανση έργου κατά την εκτέλεσή του. Ο ένας ξεκινάει τη προσπάθεια του κινούμενος σε τιμές σημαντικά υψηλότερες από το αναερόβιο κατώφλι του ακολουθώντας μια συνεχόμενα πτωτική πορεία μέχρι το τέλος. Ο άλλος αθλητής ξεκινάει τη δοκιμασία διατηρώντας την ισχύ του κοντά στο αναερόβιο κατώφλι, προσπαθώντας να την συντηρήσει ή να την ανεβάσει μέχρι το τέλος. Το παραπάνω παράδειγμα φανερώνει ένα διαφορετικό μεταβολικό προφίλ για τον κάθε αθλητή, καθώς ο ένας μπορεί να ακολουθήσει υψηλές τιμές στην αρχή της δοκιμασίας στηριζόμενος σε ένα ισχυρό αναερόβιο γαλακτικό μηχανισμό, με την υποδεέστερη όμως αερόβια ικανότητα αναγκάζεται να ελαττώσει το ρυθμό του προς το τέλος. Ο δεύτερος αθλητής κινείται σε χαμηλότερο ρυθμό στην αρχή, έχοντας λιγότερη ανεπτυγμένη αναερόβια ισχύ από τον πρώτο αθλητή, καταφέρνει όμως να συντηρήσει το ρυθμό μέχρι τέλους υποστηριζόμενος από υψηλότερες αερόβιες προσαρμογές.

Η δοκιμασία μέτρησης του λειτουργικού κατωφλιού ισχύος αποτελεί ένα εύκολο, ανέξοδο και απλό τρόπο για την εύρεση του αναερόβιου κατωφλιού για κάθε ποδηλάτη, καθώς δεν απαιτεί την παρουσία του σε

κάποιο εργομετρικό κέντρο με τη χρήση κάποιου (πιθανώς άβολου) ειδικού εξοπλισμού, ούτε φυσικά τη βοήθεια κάποιου προπονητή στο εκάστοτε πεδίο. Πραγματοποιείται οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμεί ο αθλητής, με το ποδήλατο του, με τη προϋπόθεση ότι διαθέτει στη συσκευή μέτρησης, σε ένα πολύ μεγάλο εύρος καιρικών συνθηκών, και μπορεί να επαναλάβει τη μέτρηση όσο συχνά επιθυμεί χωρίς κανένα κόστος, έχοντας ένα αξιόπιστο μέτρο σύγκρισης για εκείνον βελτιώνοντάς τον παράλληλα στο αγώνισμα της ατομικής χρονομέτρησης καθώς δεν διαφέρει σε τίποτα από αυτή.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Είναι όμως αυτή η δοκιμασία αρκετή για να ισοσταθμίσει τα πλεονεκτήματα που προσφέρει μία εργομετρική διαδικασία που εκτελείται στο εργαστήριο; Μάλλον όχι. Αναμφίβολα χρειάζεται να γίνει προσπάθεια εξέλιξης των υπαίθριων δοκιμασιών ώστε όχι μόνο να βλέπουμε ποιο είναι το λειτουργικό κατώφλι ισχύος, αλλά να μπορούμε να διακρίνουμε ποιος μηχανισμός (αερόβιος ή αναερόβιος) χρήζει περισσότερης προπόνησης στον εκάστοτε αθλητή.

Γι' αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί υπαίθρια διαγνωστικά πρωτόκολλα όπως το INSYD® κατά το οποίο εκτελούνται μέγιστες και υπομέγιστες προσπάθειες διάρκειας 3'-5' εκτελώντας μετά από κάθε προσπάθεια μέτρηση γαλακτικού, ώστε να υπολογίζεται (με τη βοήθεια αλγόριθμου) στο τέλος τιμές VO_{2max} , $fatmax$, $carbmax$, αναερόβιου κατωφλίου, και προπονητικές ζώνες ισχύος. Άλλη μια διαδεδομένη μέθοδος διερεύνησης του μεταβολικού προφίλ είναι αυτή του critical power (CP) και της τιμής W (Puchowicz et al., 2020, Poole et al., 2020, Jones et al., 2010, Karsten et al., 2015). Το CP δεν έχει έναν συγκεκριμένο ορισμό καθώς επίσης δεν προκύπτει και με συγκεκριμένη χρονομετρημένη διαδικασία. Αποτελεί την υψηλότερη τιμή έργου, όχι σταθερού ρυθμού που διαρκεί από 20' μέχρι 40' λεπτά. Επιπρόσθετα μπορεί να εκτιμηθεί με 2-4 μέγιστες προσπάθειες διάρκειας 2'-20' λεπτών που εκτελούνται διαφορετικές ημέρες. Η τιμή W φανερώνει την ενέργεια που δαπανείται για να διατηρηθεί μία πολύ υψηλής και σύντομης διάρκειας προσπάθεια, πάνω από την CP και υπολογίζεται σε

kilojoules και φανερώνει το επίπεδο του αναερόβιου μηχανισμού (Jones et al., 2010, Karsten et al., 2015).

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η δοκιμασία του FTP αποτελεί μια εύκολη απλή και αξιόπιστη λύση για την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης του ποδηλάτη, χωρίς όμως να επαληθεύεται στο έπακρο η θεωρία των Allen and Coggan (2010) καθώς το αναερόβιο κατώφλι δεν φαίνεται να ορίζεται σε όλους τους αθλητές αφαιρώντας το 5% από τον μέσο όρο έργου της μέγιστης εικοσάλεπτης δοκιμασίας (Borszcz et al., 2018). Πρωτόκολλα αξιολόγησης που χρησιμοποιούν περισσότερες δοκιμασίες διαφορετικής χρονικής διάρκειας, ίσως να αποτελούν πιο αξιόπιστα “εργαλεία”, εξίσου εύχρηστα και ανέξοδα για τον προπονητή και τον αθλητή ώστε να παρέχουν μια πολύπλευρη αξιολόγηση για το μεταβολικό του προφίλ (Clarke and Skiba, 2013).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALLEN, H. & COGGAN, A. R. 2010. *Training and racing with a power meter.*, Boulder, velopress.
- BALMER, J., DAVISON, R. C. & BIRD, S. R. 2000. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. *Med Sci Sports Exerc*, 32, 1485-90.
- BELL, P. G., FURBER, M. J., KA, V. A. N. S., ANTON-SOLANAS, A. & SWART, J. 2017. The Physiological Profile of a Multiple Tour de France Winning Cyclist. *Med Sci Sports Exerc*, 49, 115-123.
- BENTLEY, D. J., MCNAUGHTON, L. R., THOMPSON, D., VLECK, V. E. & BATTERHAM, A. M. 2001a. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 2077-81.
- BENTLEY, D. J., MCNAUGHTON, L. R., THOMPSON, D., VLECK, V. E. & BATTERHAM, A. M. 2001b. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 2077-2081.
- BISHOP, D. 1997. Reliability of a 1-h endurance performance test in trained female cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29, 554-559.
- BISHOP, D., JENKINS, D. G. & MACKINNON, L. T. 1998. The relationship between plasma lactate parameters, Wpeak and 1-h cycling performance in women. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 1270-5.
- BORSZCZ, F. K., TRAMONTIN, A. F., BOSSI, A. H., CARMINATTI, L. J. & COSTA, V. P. 2018. Functional Threshold Power in Cyclists: Validity of the Concept and Physiological Responses. *Int J Sports Med*, 39, 737-742.
- CARMICHAEL, C. & RUTBERG, J. 2012. *The Time-Crunched Cyclist: Fit, Fast, and Powerful in 6 Hours a Week.*, Boulder, Velo Press.
- CHICHARRO, J. L., HOYOS, J. & LUCIA, A. 2000. Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *Br J Sports Med*, 34, 450-5.
- CLARKE, D. C. & SKIBA, P. F. 2013. Rationale and resources for teaching the mathematical modeling of athletic training and performance. *Advances in Physiology Education*, 37, 134-152.
- COSTA, V. B., FK.1; TRAMONTIN AF.1; BOSSI, AH.2; CARMINATTI, LJ.1 & 2017. Functional threshold power in cyclists: validity of the concept and physiological responses. *journal of science and cycling*, Vol. 6(3), 15-16.
- 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 Sports Exerc*, 23, 93-107.
- 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 Sports*, 11, 338-44.
- GAVIN, T. P., VAN METER, J. B., BROPHY, P. M., DUBIS, G. S., POTTS, K. N. & HICKNER, R. C. 2012a. Comparison of a field-based test to estimate functional threshold power and power output at lactate threshold. *J Strength Cond Res*, 26, 416-21.

- GAVIN, T. P., VAN METER, J. B., BROPHY, P. M., DUBIS, G. S., POTTS, K. N. & HICKNER, R. C. 2012b. Comparison of a Field-Based Test to Estimate Functional Threshold Power and Power Output at Lactate Threshold. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26, 416-421.
- HALSON, S. L. 2014a. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*, 44 Suppl 2, S139-47.
- HALSON, S. L. 2014b. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44, 139-147.
- HAWLEY, J. A. & NOAKES, T. D. 1992. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65, 79-83.
- HOPKINS, W. G., SCHABORT, E. J. & HAWLEY, J. A. 2001a. Reliability of Power in Physical Performance Tests. *Sports Medicine*, 31, 211-234.
- HOPKINS, W. G., SCHABORT, E. J. & HAWLEY, J. A. 2001b. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*, 31, 211-34.
- INGLIS, E. C., IANNETTA, D., PASSFIELD, L. & MURIAS, J. M. 2019. Maximal Lactate Steady State Versus the 20-Minute Functional Threshold Power Test in Well-Trained Individuals: "Watts" the Big Deal? *Int J Sports Physiol Perform*, 1-7.
- JEUKENDRUP, A. & DIEMEN, A. V. 1998. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 16, 91-99.
- JONES, A. M., VANHATALO, A., BURNLEY, M., MORTON, R. H. & POOLE, D. C. 2010. Critical power: implications for determination of $\dot{V}O_{2\max}$ and exercise tolerance. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 1876-90.
- KARSTEN, B., JOBSON, S. A., HOPKER, J., STEVENS, L. & BEEDIE, C. 2015. Validity and reliability of critical power field testing. *Eur J Appl Physiol*, 115, 197-204.
- KLIKA, R. J., ALDERDICE, M. S., KVALE, J. J. & KEARNEY, J. T. 2007. Efficacy of cycling training based on a power field test. *J Strength Cond Res*, 21, 265-9.
- KLISSOURAS, V. 2007. *Ergofusiologia (Exercise Physiology)*.
- KLITZKE BORSZCZ, F., TRAMONTIN, A. F. & COSTA, V. P. 2020. Reliability of the Functional Threshold Power in Competitive Cyclists. *Int J Sports Med*, 41, 175-181.
- LEVINE, B. D. 2008. $\dot{V}O_{2\max}$: what do we know, and what do we still need to know? *J Physiol*, 586, 25-34.
- LUCIA, A., PARDO, J., DURANTEZ, A., HOYOS, J. & CHICHARRO, J. L. 1998a. Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med*, 19, 342-8.
- LUCIA, A., PARDO, J., DURANTEZ, A., HOYOS, J. & CHICHARRO, J. L. 1998b. Physiological differences between professional and elite road cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 342-348.
- MACDOUGALL, D. J., WENGER, H. A. & GREEN, H. J. 1991. *Physiological Testing of the High-Performance Athlete.*, Human Kinetics Books.
- MACINNIS, M. J., THOMAS, A. C. Q. & PHILLIPS, S. M. 2018. The Reliability of 4-min and 20-min Time Trials and Their Relationships to Functional Threshold Power in Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-27.
- MARTIN, J. C., MILLIKEN, D. L., COBB, J. E., MCFADDEN, K. I. & COGGAN, A. R. 1998. Validation of a Mathematical Model for Road Cycling Power. *JOURNAL OF APPLIED RIOMECHANICS*, 5, 276-291

- MORGAN, P. T., BLACK, M. I., BAILEY, S. J., JONES, A. M. & VANHATALO, A. 2019. Road cycle TT performance: Relationship to the power-duration model and association with FTP. *J Sports Sci*, 37, 902-910.
- MOUROT, L., HEUBERGER, J. A. A. C., GAL, P., STUURMAN, F. E., DE MUINCK KEIZER, W. A. S., MEJIA MIRANDA, Y. & COHEN, A. F. 2018. Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. *Plos One*, 13, e0206846.
- NIMMERICHTER, A., ESTON, R. G., BACHL, N. & WILLIAMS, C. 2011. Longitudinal monitoring of power output and heart rate profiles in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 29, 831-839.
- NIMMERICHTER, A., WILLIAMS, C., BACHL, N. & ESTON, R. 2010. Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. *Int J Sports Med*, 31, 160-6.
- PASSFIELD, L., HOPKER, J. G., JOBSON, S., FRIEL, D. & ZABALA, M. 2017. Knowledge is power: Issues of measuring training and performance in cycling. *J Sports Sci*, 35, 1426-1434.
- PEIFFER, J. J., ABBISS, C. R., CHAPMAN, D., LAURSEN, P. B. & PARKER, D. L. 2008. Physiological Characteristics of Masters-Level Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1434-1440.
- PINOT, J. & GRAPPE, F. 2011. The record power profile to assess performance in elite cyclists. *Int J Sports Med*, 32, 839-44.
- POOLE, D. C., ROSSITER, H. B., BROOKS, G. A. & GLADDEN, L. B. 2020. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. *The Journal of Physiology*.
- PUCHOWICZ, M. J., BAKER, J. & CLARKE, D. C. 2020. Development and field validation of an omni-domain power-duration model. *Journal of Sports Sciences*, 38, 801-813.
- RACINAIS, S., MOUSSAY, S., NICHOLS, D., TRAVERS, G., BELFEKIH, T., SCHUMACHER, Y. O. & PERIARD, J. D. 2019. Core temperature up to 41.5°C during the UCI Road Cycling World Championships in the heat. *Br J Sports Med*, 53, 426-429.
- SANDERS, D., TAYLOR, R. J., MYERS, T. & AKUBAT, I. 2017. A field-based cycling test to assess predictors of endurance performance and establishing training zones. *J Strength Cond Res*.
- SEILER, S. 2010. What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *international Journal of Sports Physiology and Performance*, 5.
- VALENZUELA, P. L., MORALES, J. S., FOSTER, C., LUCIA, A. & DE LA VILLA, P. 2018. Is the Functional Threshold Power a Valid Surrogate of the Lactate Threshold? *Int J Sports Physiol Perform*, 1-6.
- VOGT, S., SCHUMACHER, Y. O., BLUM, A., ROECKER, K., DICKHUTH, H. H., SCHMID, A. & HEINRICH, L. 2007a. Cycling power output produced during flat and mountain stages in the Giro d'Italia: a case study. *J Sports Sci*, 25, 1299-305.
- VOGT, S., SCHUMACHER, Y. O., ROECKER, K., DICKHUTH, H. H., SCHOBERER, U., SCHMID, A. & HEINRICH, L. 2007b. Power Output during the Tour de France. *Int J Sports Med*, 28, 756-61.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ



ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Προς: την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τίτλος: Συσχέτιση του πρωτοκόλλου λειτουργικού κατωφλίου ισχύος (FTP) με εργαστηριακές μετρήσεις αερόβιας ικανότητας σε ποδηλάτες

Επιστημονικώς Υπεύθυνος/η/οι: Τζιαμούρτας Αθανάσιος

Σχέση με το Πρόγραμμα Σπουδών του ΤΕΦΑΑ:

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μεταπτυχιακή διατριβή του Αναστάσιου Κουρμπέτη φοιτητή του ΠΜΣ <<Άσκηση και Υγεία>>.

1. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συγκρίνουμε μια ευρέως χρησιμοποιούμενη δοκιμασία πεδίου (λειτουργικό κατώφλι ισχύος, Functional threshold power: FTP) με μια εργαστηριακή δοκιμασία αερόβιας ικανότητας για τον προσδιορισμό του βέλτιστου έργου κατά την ποδηλάτηση.

2. Σημαντικότητα της έρευνας

Η εργομέτρηση των ποδηλατών αποτελεί τον χρυσό κανόνα για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητάς τους και την βάση για τον σχεδιασμό εξατομικευμένων προπονητικών προγραμμάτων (Lucia et al., 1998b). Πολλές φορές όμως η εργομέτρηση δεν είναι εφικτή εξαιτίας μη διαθεσιμότητας των κατάλληλων εγκαταστάσεων ή εξοπλισμού, κόστους της διαδικασίας ή χρόνου. Επομένως πολλοί ποδηλάτες και οι προπονητές τους καταφεύγουν στην χρήση δοκιμασιών πεδίου για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας. Πολλές από αυτές τις δοκιμασίες δεν έχουν επιστημονική επαλήθευση της εγκυρότητάς τους. Μια τέτοια περίπτωση είναι η αξιολόγηση για το λειτουργικό κατώφλι ισχύος, Functional threshold power (FTP). Το FTP χρησιμοποιείται ευρύτατα σήμερα και η επιστημονική επαλήθευση της εγκυρότητάς του θα βοηθήσει σημαντικά αθλητές και προπονητές ποδηλασίας στον σχεδιασμό αποτελεσματικότερων προγραμμάτων προπόνησης.

3. Εισαγωγή και ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Για δεκαετίες ο σχεδιασμός προγραμμάτων προπόνησης από δοκιμασίες πεδίου γινόταν βάση της καρδιακής συχνότητας (Jeukendrup and Diemen, 1998, Peiffer et al., 2008). Τα τελευταία χρόνια όμως, ο σχεδιασμός της προπόνησης και ο υπολογισμός των ζωνών προπόνησης των ποδηλατών γίνεται σύμφωνα με το έργο που παράγουν (Hopkins et al., 2001a, Nimmerichter et al., 2011). Για την επίτευξη αυτού ο αθλητής πραγματοποιεί στο δρόμο μία ατομική χρονομέτρηση (time trial), διάρκειας μίας ώρας και σύμφωνα με το μέσο όρο του έργου που προκύπτει γίνεται ο υπολογισμός των ζωνών προπόνησης (Halsen, 2014b). Το αποτέλεσμα αυτής της δοκιμασίας ανταποκρίνεται με μεγάλη ακρίβεια στην ένταση κατά το γαλακτικό κατώφλι των αθλητών (Gavin et al., 2012b, Halsen, 2014b).

Όμως επειδή η ωριαία ατομική χρονομέτρηση ήταν αρκετά επίπονη, ιδίως για μέτριους αθλητές που είναι και πιθανότερο να μην έχουν πρόσβαση σε εργομετρικές αξιολογήσεις, προτάθηκε η χρήση μιας συντομότερης 20λεπτης δοκιμασίας, κατά την οποία ο δοκιμαζόμενος εκτελεί σε ανηφόρα μία ατομική χρονομέτρηση μέγιστης προσπάθειας προσπαθώντας να βγάλει όσο το δυνατόν υψηλότερη τιμή έργου (μέσος όρος)(BENTLEY et al., 2001b).

Ο προσδιορισμός των ζωνών προπόνησης από την συντομότερη 20λεπτη δοκιμασία (κατά την οποία οι αθλητές διατηρούν υψηλότερες μέσες τιμές παραγωγής έργου σε σχέση με την ωριαία) γίνεται αφαιρώντας ένα ποσοστό από τον μέσο όρο του έργου ώστε να ανταποκρίνεται στο έργο της ωριαίας δοκιμασίας αλλά και στο γαλακτικό κατώφλι (Nimmerichter et al., 2011). Το ποσοστό αυτό δεν είναι σταθερό και διαφορετικοί προπονητές προτείνουν διαφορετικά ποσοστά ανάλογα με την προσωπική τους εμπειρία.

Επομένως, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συγκριθεί το 20λεπτο πρωτόκολλο FTP με εργαστηριακό προσδιορισμό γαλακτικού κατωφλίου κατά την διάρκεια μιας δοκιμασίας μέγιστης αερόβιας ικανότητας ώστε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η συσχέτιση των δύο δοκιμασιών και να δημιουργηθούν σαφείς οδηγίες για τους χρήστες του FTP ως προς τον προσδιορισμό της βέλτιστης έντασης προπόνησης

4. Μεθοδολογία

4.1 Δείγμα

Στην έρευνα θα λάβουν μέρος εθελοντικά 12 απόλυτα υγιείς Έλληνες αθλητές μέλη ελληνικών σωματείων ηλικίας 17-40 ετών που την αγωνιστική χρονιά 2016 έχουν συμμετάσχει σε τουλάχιστον 10 αγώνες και προπονούνται κατά μέσο όρο τουλάχιστον 4 φορές την εβδομάδα. Επίσης Θα πρέπει να ασχολούνται με τη αγωνιστική ποδηλασία τουλάχιστον 3 χρόνια. Σε αυτούς θα καταγραφούν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.

4.2 Όργανα μέτρησης

Για τις μετρήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών θα χρησιμοποιήσουμε ζυγαριά ένα μέτρο και ένα δερματοπτυχόμετρο. Οι μετρήσεις πεδίου (ftp test) θα γίνουν από τα δυναμόμετρο του εκάστοτε αναβάτη(rotor power meter, srm, power2max αφού έχει ελεγχθεί η αξιοπιστία της συσκευής) που είναι τοποθετημένο πάνω στο ποδήλατο (BENTLEY et al., 2001b) και το οποίο επικοινωνεί ασύρματα με τη οθόνη (garmin, bryton), όπου δείχνει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτά αποθηκεύονται εκεί και στη συνέχεια μπορούν να μεταφερθούν σε υπολογιστή για περαιτέρω

αναλύσεις. Ο κάθε αθλητής αφού εκτελέσει ζέσταμα διάρκειας 30 λεπτών ξεκινάει τη δοκιμασία στον ανηφορικό δρόμο σαν να αγωνίζεται σε αγώνα ατομικής χρονομέτρησης διάρκειας 20 λεπτών προσπαθώντας να πετύχει την υψηλότερη μέση τιμή έργου. Στο τέλος της δοκιμασίας θα γίνει μέτρηση του γαλακτικού από το κάθε αθλητή. Επίσης πριν τη διεξαγωγή του ftp test θα μετρηθούν η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος στην αφετηρία, το μέσο και το τέλος της διαδρομής.

Για τις εργαστηριακές μετρήσεις θα χρησιμοποιηθεί αναλυτής αερίων και ένα κυκλοεργόμετρο Cycleops 400 pro indoor cycle το οποίο θα καταγράφει τις περιστροφές των πεταλιών και το έργο, μία συσκευή καταγραφής καρδιακής συχνότητας(garmin). Οι αθλητες αφού εκτελέσουν ζέσταμα διάρκειας 10 λεπτών ,θα φορεσουν τη μάσκα (που θα συνδέεται με τον αναλυτή αερίων) και θα ξεκινήσουν τη δοκιμασία από τα 100W αυξάνοντας την ένταση 40w/ 2 λεπτά.Η δοκιμασία θα διαρκέσει μέχρι να φτάσει σε εξάντληση ο αθλητής (10-15 λεπτά).Επίσης θα χρησιμοποιηθούν ταινίες όπου θα μετριέται το γαλακτικό από δείγμα αίματος από το δάχτυλο του δοκιμαζόμενου, κάθε φορά που μπαίνει στο επόμενο στάδιο .Μετά το τέλος της δοκιμασίας θα ακολουθήσει αποθεραπεία διάρκειας 6 λεπτών.

4.3 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα στατιστικής SPSS.Θα χρησιμοποιήσουμε συσχετισμούς για να εξερευνήσουμε την σχέση της επίδοσης στο FTP-TEST με την αερόβια ικανότητα, και t-tests για να συγκρίνουμε τη καρδιακή συχνότητα που εμφανίζεται το αναπνευστικό η γαλακτικό κατώφλι στην εργαστηριακή δοκιμασία με τη μέση καρδιακή συχνότητα του FTP-TEST.

Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας θα οριστεί στο $p < 0,05$

5. Απαιτούμενη έγκριση από φορείς

Για την μελέτη αυτή και τις μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν δεν χρειάζεται έγκριση από κανένα άλλο φορέα ,παρά μόνο την εσωτερική επιτροπή δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

6. Κριτήρια Συμμετοχής στη Μελέτη

Στη μελέτη θα λάβουν μέρος άνδρες ενεργοί αθλητές ποδηλασίας όπου την αγωνιστική χρονιά 2016 είχαν συμμετάσχει σε τουλάχιστον 10 ελληνικούς αγώνες και ασκούσαν κατά μέσο όρο τουλάχιστον 4 φορές την εβδομάδα (ηλικίας 17-40 ετών .Όλοι τους προέρχονται από ελληνικά σωματεία ,εκδήλωσαν ενδιαφέρον να συμμετάσχουν στο πείραμα και όλοι τους έχουν τοποθετημένο στο ποδήλατο συσκευή μέτρησης της ισχύος. Επίσης όλοι πρέπει να έχουν σφραγισμένο από καρδιολόγο ή παθολόγο το δελτίο της ομάδας τους από το γιατρό για το έτος 2016.

7. Κριτήρια Αποκλεισμού Συμμετοχής

Για τη ορθή επιλογή του δείγματος θα επιλεγούν για τις μετρήσεις άτομα ηλικίας άνω των 17 ετών κατηγορία (νέων-ανδρών)και κάτω των 40 ετών(κατηγορία μαστερ).Επίσης θα αποκλειστούν άτομα που αντιμετώπισαν τους τελευταίους 3 μήνες προβλήματα υγείας (μυοσκελετικής η παθολογικής φύσεως) και δεν πληρούν τα κριτήρια επιλογής του δείγματος όπως

αναγράφονται ανωτέρω. Επίσης θα αποκλειστούν όσοι δεν έχουν σφραγισμένο το δελτίο της ομάδας τους από το γιατρό για το έτος 2016.

8. Εγκαταστάσεις

Οι μετρήσεις της συγκεκριμένης έρευνας θα πραγματοποιηθούν σε δυο διαφορετικά μέρη. Θα γίνουν εργομετρικές μετρήσεις στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας ,ενώ οι μετρήσεις υπαίθρου θα πραγματοποιηθούν στο ανηφορικό κομμάτι δημοσίου δρόμου Πύλης-Ελάτης. Κατά την διάρκεια της μέτρησης οι ποδηλάτες θα συνοδεύονται από αυτοκίνητο που θα προειδοποιεί άλλους χρήστες της οδού για την ύπαρξη ποδηλατών.



Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Τρίκαλα:

ημέρα /

μήνας/έτος

Αριθμ.

Πρωτ.: (αφήστε κενό)

Αίτηση Εξέτασης της πρότασης για διεξαγωγή Έρευνας με τίτλο: Συσχέτιση του πρωτοκόλλου λειτουργικού κατωφλίου ισχύος (FTP) με εργαστηριακές μετρήσεις αερόβιας ικανότητας σε ποδηλάτες

Επιστημονικώς υπεύθυνος-η / επιβλέπων-ουσα: Τζιαμούρτας Αθανάσιος

Ιδιότητα: Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης

Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα: ΣΕΦΑΑ

(εάν υπάρχει και άλλος επιβλέπων μπορείτε να επαναλάβετε τα ίδια πεδία)

Κύριος ερευνητής-τρια / φοιτητής-τρια: Κουρμπετής Αναστάσιος

Πρόγραμμα Σπουδών: ΠΜΣ<Άσκηση και υγεία>>

Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα: ΣΕΦΑΑ

Η προτεινόμενη έρευνα θα είναι: (επιλέξτε με X)

Ερευνητικό πρόγραμμα ☐ Μεταπτυχιακή διατριβή ☒ Διπλωματική εργασία ☐

Ανεξάρτητη έρευνα ☐

Τηλ. επικοινωνίας:

Email επικοινωνίας:

Αφαίρεση προσωπικών δεδομένων (Υπηρεσία Βιβλιοθήκης & Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

Ο/Η

Αιτών/ουσα



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



Έντυπο συναίνεσης δοκιμαζόμενου σε ερευνητική εργασία

Τίτλος Ερευνητικής Εργασίας: Συσχέτιση του πρωτοκόλλου λειτουργικού κατώφλιου ισχύος (FTP) με εργαστηριακές μετρήσεις αερόβιας ικανότητας σε ποδηλάτες

Επιστημονικός Υπεύθυνος-η: Τζιαμούρτας Αθανάσιος
Ερευνητές: Ανέστης Κουρμπέτης

1. Σκοπός της ερευνητικής εργασίας

Μέχρι σήμερα δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο το ποσοστό που πρέπει να αφαιρέσεις από το μέσο όρο της εικοσάλεπτης δοκιμασίας δρόμου για να βρεις το λειτουργικό κατώφλι ισχύος στο κάθε αθλητή. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να παρατηρήσουμε αν υπάρχει διαφορά στα αποτελέσματα των δύο δοκιμασιών. Θα πρέπει να δούμε το γαλακτικό κατώφλι που θα μετρηθεί στο εργαστήριο σε ποιο βαθμό συμβαδίζει με το λειτουργικό κατώφλι ισχύος που θα μετρηθεί στο τεστ δρόμου για τον εκάστοτε αθλητή.

2. Διαδικασία

Εάν αποφασίσετε να πάρετε μέρος στην έρευνα θα αξιολογηθείτε δύο φορές. Θα σας ζητήσουμε να έρθετε στο εργαστήριο μία φορά, κατά την οποία θα γίνουν σωματομετρικές μετρήσεις (ύψος, βάρος κλπ). Στη συνέχεια θα εκτελέσετε την διαδικασία εργομέτρησης. Αφού φτιάξουμε τη σωστή θέση ποδηλάτη για το καθένα σας, θα φορέσετε τη μάσκα που συνδέεται με τον αναλυτή αερίων εκτελείτε ζέσταμα διάρκειας 10 λεπτών (μέχρι να νιώσετε έτοιμοι για την κυρίως μέτρηση) και στη συνέχεια θα ξεκινήσετε τη μέτρηση από τα 100w με σταδιακά αυξανόμενο έργο 40w /2 λεπτά όπου παράλληλα γίνεται η μέτρηση του γαλακτικού. Στη δοκιμασία δρόμου εκτελείς ζέσταμα διάρκειας 30 λεπτών και συνέχεια στο ανηφορικό δρόμο πύλης-ελατης εκτελείς τη δοκιμασία. Η δοκιμασία διαρκεί 20 λεπτά και πρέπει να την εκτελέσετε σαν να αγωνίζεσθε σε αγώνα ατομικής χρονομέτρησης. Στο τέλος αυτής γίνεται η μέτρηση του γαλακτικού και συλλέγονται τα δεδομένα από τους δέκτες του κάθε αθλητή.

3. Ποιος θα λάβει μέρος

Για να έχετε δικαίωμα συμμετοχής στη έρευνα πρέπει την αγωνιστική χρονιά 2016 να έχετε συμμετάσχει σε τουλάχιστον 10 αγώνες, να προπονείστε κατά μέσο όρο τουλάχιστον 4 φορές την εβδομάδα. Επίσης Θα πρέπει να ασχολείστε με τη αγωνιστική ποδηλασία τουλάχιστον 3 χρόνια, να έχετε τοποθετημένη συσκευή μέτρησης του έργου στο ποδήλατο σας, και να μην έχετε παρουσιάσει τραυματισμούς μυοσκελετικής ή παθολογικής φύσεως τους τελευταίους τρεις μήνες.

4. Κίνδυνοι και ενοχλήσεις

Η διαδικασία των μετρήσεων θα σας προκαλέσει κόπωση, η οποία όμως είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που προκαλείται από την καθημερινή σας προπόνηση. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να έχουν ελεγχθεί από καρδιολόγο ή παθολόγο τους προηγούμενους μήνες. Για να διασφαλισθεί ο

ιατρικός έλεγχος κάθε αθλητής πρέπει να φέρει μαζί του το δελτίο του σωματείου του σφραγισμένο από γιατρό.

5. Προσδοκώμενες ωφέλειες

Μετά το τέλος των μετρήσεων ο καθένας σας θα λάβει τα αποτελέσματα του ώστε να μπορέσει να αξιολογήσει την φυσική του κατάσταση ,καθώς επίσης να σχεδιάσει τις ζώνες προπόνησής του σύμφωνα με την εργομέτρηση του αλλά και τη δοκιμασία πεδίου .

6. Δημοσίευση δεδομένων – αποτελεσμάτων

Η συμμετοχή σας στην έρευνα συνεπάγεται ότι συμφωνείτε με την μελλοντική δημοσίευση των αποτελεσμάτων της, με την προϋπόθεση ότι οι πληροφορίες θα είναι ανώνυμες και δε θα αποκαλυφθούν τα ονόματα των συμμετεχόντων. Τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν θα κωδικοποιηθούν με αριθμό, ώστε το όνομα σας δε θα φαίνεται πουθενά.

7. Πληροφορίες

Μη διστάσετε να κάνετε ερωτήσεις γύρω από το σκοπό ή την διαδικασία της εργασίας. Αν έχετε οποιαδήποτε αμφιβολία ή ερώτηση ζητήστε μας να σας δώσουμε διευκρινίσεις.

8. Ελευθερία συναίνεσης

Η συμμετοχή σας στην εργασία είναι εθελοντική. Είστε ελεύθερος-η να μην συναινέσετε ή να διακόψετε τη συμμετοχή σας όποτε το επιθυμείτε.

9. Δήλωση συναίνεσης

Διάβασα το έντυπο αυτό και κατανοώ τις διαδικασίες που θα ακολουθήσω. Συναινώ να συμμετάσχω στην ερευνητική εργασία.

Ημερομηνία: __/__/__

Ονοματεπώνυμο και
υπογραφή συμμετέχοντος

Υπογραφή ερευνητή

Ονοματεπώνυμο και
υπογραφή παρατηρητή

Ονοματεπώνυμο και
υπογραφή γονέα ή κηδεμόνα