



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΡΕΞΙΜΑΤΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ 1
ΩΡΑΣ»**

Γεώργιος Σκουρλής

Επιβλέπων Καθηγητής: Ηλίας Ζαχαρόγιαννης

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2021

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

ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΡΕΞΙΜΑΤΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ 1 ΩΡΑΣ

Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να εξετάσει τη συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων στην επίδοση σε αγώνα διάρκειας 1 ώρας. Οκτώ φοιτητές φυσικής αγωγής με προηγούμενη εμπειρία σε αγώνες αντοχής εκτέλεσαν άσκηση σε δαπεδοεργόμετρο με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση έως εξάντλησης για να μετρηθούν οι παράμετροι καρδιαναπνευστικής αντοχής. Οι δοκιμαζόμενοι 15 ημέρες μετά την αξιολόγηση συμμετείχαν σε αγώνα τρεξίματος σε στάδιο στίβου διάρκειας 1 ώρας με την οδηγία να καλύψουν τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση μέσα σε αυτό το χρονικό όριο του αγώνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική συσχέτιση της συνολικής απόστασης με την μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (VO_2max , $r=0.73$, $p<0,05$), την ταχύτητα στην μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (vVO_2max , $r=0.80$, $p<0,05$), το ποσοστό της καρδιακής συχνότητας στα 10 km/h ($\%KΣmax@10km/h$, $r=0.73$, $p<0,05$) την ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχούσε στο 85% της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου ($v@85\%VO_2max$, $r=0.78$, $p<0,05$). Η ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχούσε στο αναπνευστικό κατώφλι ($v@AK$) παρουσίασε την υψηλότερη συσχέτιση ($r=0.87$, $p<0,01$).

Λέξεις κλειδιά: φυσιολογικές παράμετροι, συνεισφορά, επίδοση σε αγωνίσματα αντοχής, αγώνας διάρκειας 1 ώρας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	i
Πίνακας Περιεχομένων.....	ii
Κατάλογος Σχημάτων.....	iii
Κατάλογος Πινάκων.....	iii
Κατάλογος Εικόνων.....	iv
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών.....	iv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 1
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	σελ. 3
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	σελ.6
3.1. Δοκιμαζόμενοι	σελ.6
3.2 Εργαστηριακές Μετρήσεις – Όργανα μέτρησης	σελ.6
3.3 Αγώνας διάρκειας 1 ώρας.....	σελ.13
3.4 Στατιστική Ανάλυση	σελ.13
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ.14
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ.16
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.17

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1. Γραφική αναπαράσταση υπολογισμού ταχύτητας στο αναπνευστικό κατώφλι σε ένα δοκιμαζόμενο χρησιμοποιώντας τον όγκο του εκπνεόμενου αέρα.

..... σελ.11

Σχήμα 3.2. Γραφική αναπαράσταση διαδικασίας εντοπισμού vVO_2max σε δύο δοκιμαζόμενους στη διάρκεια προσπάθειας με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση πάνω σε δαπεδοεργόμετρο. σελ.12

Σχήμα 4.1. Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης απόστασης αγώνα διάρκειας 1 ώρας με την ταχύτητα τρεξίματος στο αναπνευστικό κατώφλι. σελ.15

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1. Ατομικές τιμές σωματομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζόμενωνσελ.6

Πίνακας 4.1. Ατομικές τιμές απόστασης αγώνα διάρκειας 1 ώρας..... σελ.14

Πίνακας 4.2. Πίνακας αλληλοσυσχετίσεων σωματομετρικών χαρακτηριστικών, παραμέτρων καρδιανπνευστικής αντοχής με τη συνολική απόσταση του αγώνα διάρκειας 1 ώρας. σελ.15

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αγώνας διάρκειας 1 ώρας είναι ένας απαιτητικός και ανταγωνιστικός αγώνας δρόμου. Πολλοί αθλητές/αθλούμενοι λαμβάνουν μέρος σε τέτοιου είδους αγώνες για ψυχαγωγικούς λόγους, για προπόνηση ή για να δοκιμάσουν την απόδοσή τους σε 1 ώρα διάρκειας δρομική προσπάθεια. Η επίδοση σε αυτόν τον αγώνα δείχνει να είναι αξιόπιστη αν επαναληφθεί σε μικρές χρονικές περιόδους, χωρίς να διαφέρει η συνολική απόσταση, η δρομική ταχύτητα, η καρδιακή συχνότητα και ο δείκτης υποκειμενικής κόπωσης (Chrysanthopoulos et al. 2015). Τέτοιου είδους αγώνες κατατάσσονται στην κατηγορία των μεγάλων αποστάσεων και φέρουν κοινά χαρακτηριστικά με αποστάσεις τρεξίματος $\geq 10\text{km}$. Αυτή η διάρκεια μέγιστης προσπάθειας αν και δεν είναι Ολυμπιακό αγώνισμα είναι ωστόσο πολύ δημοφιλής καθότι νέα παγκόσμια ρεκόρ πραγματοποιήθηκαν πρόσφατα (04/09/2020) για τους άνδρες (21330m) από το δρομέα Mo Farah και τις γυναίκες από την αθλήτρια Sifan Hassan (18930m) Επίσης οι φυσιολογικές παράμετροι που καθορίζουν την επίδοση στον μαραθώνιο και στον υπερμαραθώνιο δεν διαφέρουν από αυτούς που καθορίζουν αντίστοιχα την επίδοση στα 10 km και τον μισό μαραθώνιο (Noakes et al. 1990). Η τιμή της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, η κατανάλωση οξυγόνου στο αναπνευστικό κατώφλι και η ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι είναι αυτές που παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στους αθλητές μεγάλης απόστασης διεθνούς επιπέδου συγκριτικά με τους λιγότερο επιτυχημένους δρομείς (Rabadan et al. 2011).

Εργαστηριακές μετρήσεις και μετρήσεις πεδίου που έγιναν έδειξαν πως η δρομική ταχύτητα στο αναπνευστικό κατώφλι συσχετίζεται πολύ υψηλά ($r \geq 0,80$) με την μέση αγωνιστική δρομική ταχύτητα σε αγώνες των 5 km και πάνω (Maffulli et al. 1990). Στην αθλητική επιστήμη αυτό που έχει σημασία πέρα από τον εντοπισμό συγκεκριμένων παραμέτρων που μεγιστοποιούν την

απόδοση είναι και η τιμή που πρέπει να αποκτήσουν μέσω της προπόνησης ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τα επιθυμητά αγωνιστικά αποτελέσματα . Ο Tanaka (1991) αναφέρει ότι τρέχοντας σε υπομέγιστη ταχύτητα που αντιστοιχεί στο γαλακτικό κατώφλι για 1 ώρα το ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου κυμαινόταν από 60-70%. Ο ίδιος υποστηρίζει πως μέτρια προπονημένοι αθλητές είναι ικανοί να τρέχουν για 1 ώρα σε ποσοστό παραπάνω από το 50% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και πως το 75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου είναι αρκετά κοντά στην ιδανική ταχύτητα στο αναπνευστικό κατώφλι. Η αύξηση της δρομικής ταχύτητας πάνω από το αναπνευστικό κατώφλι φαίνεται ότι δεν αυξάνει γραμμικά τον όγκο του εκπνεόμενου αέρα και την καρδιακή συχνότητα. Υπάρχει λοιπόν ένα σημείο όπου η καρδιακή συχνότητα χάνει την γραμμική της αυξητική πορεία σε σχέση με τη δρομική ταχύτητα. Η μέση ταχύτητα αγώνα διάρκειας 1 ώρας και η ταχύτητα που αντιστοιχεί στο σημείο που η καρδιακή συχνότητα χάνει τη γραμμικότητα παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλό (Conconi et al. 1982) συντελεστή συσχέτισης ($r=0.99$). Οι διάφοροι δείκτες αερόβιας/αναερόβιας μετάβασης που εξετάστηκαν σε 20 μέσης ηλικίας αθλητές αποδείχθηκαν ότι εμφανίζονται σε παρόμοιο ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε σχέση με νεότερους αθλητές (Maffulli et al. 1990), άρα μπορεί να πει κανείς ότι δείκτες όπως η δρομική ταχύτητα η καρδιακή συχνότητα, η πρόσληψη οξυγόνου αλλά και η συγκέντρωση γαλακτικού στο αναπνευστικό κατώφλι ευθύνονται για την διαφοροποίηση της απόδοσης σε μεγάλα εύρη ηλικιών των αθλούμενων.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Τα τελευταία 40 χρόνια υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες μελέτες σχετικές με τη συνεισφορά διαφόρων φυσιολογικών παραμέτρων στην απόδοση των δρόμων αντοχής. Φαίνεται ωστόσο ότι η πρόβλεψη του επίπεδου απόδοσης σε μέγιστες δρομικές προσπάθειες διάρκειας > 2 λεπτά γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιώντας συνδυασμό παραμέτρων (Rust et al. 2011). Υπάρχει πληθώρα δημοσιευμένων εξισώσεων πρόβλεψης της επίδοσης στα διάφορα αγωνίσματα αντοχής χρησιμοποιώντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές φυσιολογικές, ανθρωπομετρικές παραμέτρους ή διάφορα συστατικά της προπόνησης. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO₂max) είναι η πιο συνηθισμένη παράμετρος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας ενός προπονητικού προγράμματος. Έτσι έχουν σχεδιαστεί πολλές ερευνητικές προσπάθειες για να μελετήσουν τους παράγοντες που την περιορίζουν και καθορίζουν τον ρόλο της στην επίδοση στα δρομικά αγωνίσματα αντοχής (Howley et al. 2000). Οι Takeshima (1990) και Tanaka et al. (1995) εξέτασαν συνδυασμό παραγόντων που ευθύνονται για την απόδοση στα αγωνίσματα αντοχής για μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας αθλητές με ανομοιογενές επίπεδο προπόνησης. Οι εξισώσεις πρόβλεψης της επίδοσης που πρότειναν οι παραπάνω ερευνητές εξηγούσαν το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης της επίδοσης. Ο συνδυασμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που συσχετιζόταν υψηλότερα με την επίδοση ήταν: η πρόσληψη οξυγόνου στο αναπνευστικό κατώφλι, η ηλικία και η διάρκεια της προπόνησης ανά προπονητική μονάδα. Διαχρονικά σε πολλές διατριβές η VO₂max δείχνει να έχει τον υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης, όσον αφορά την τελική επίδοση στα αγωνίσματα αντοχής. Όμως υπάρχουν αρκετές έρευνες που έχουν δείξει ότι αθλητές με σχετικά μικρότερες τιμές μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου έχουν την ίδια απόδοση στα αγωνίσματα των 10km με συναθλητές τους που έχουν υψηλότερες τιμές. Αυτό έχει οδηγήσει την αθλητική επιστήμη στην αναζήτηση άλλων παραγόντων οι οποίοι κρίνονται καθοριστικοί και σύμφωνα με την βιβλιογραφία η ταχύτητα καθώς και το ποσοστό της VO₂max στο αναπνευστικό

κατώφλι δείχνουν να συσχετίζονται συστηματικά υψηλά με την επίδοση στα δρομικά αγωνίσματα αντοχής. Μελετώντας ξεχωριστά τα διάφορα δρομικά αγωνίσματα φαίνεται ότι και άλλες παράμετροι συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό στην επίδοση στην αντοχή. Για τον προπονητή και αθλητή θα ήταν πρακτικό οι προτεινόμενες παράμετροι να είναι αξιόπιστες και εύκολα μετρήσιμες.

Ο Conley & Krahenbuhl (1980) μελέτησαν σε αθλητές με ομοιογενή $\dot{V}O_2\max$ τη συνεισφορά επιλεγμένων παραμέτρων στην επίδοση 10 km. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι η δρομική οικονομία είναι σημαντική στα αγωνίσματα μεγάλων αποστάσεων, διότι η συγκριτική ένταση ενός συγκεκριμένου ρυθμού τρεξίματος θα είναι χαμηλότερη για έναν οικονομικό δρομέα, σε σύγκριση με έναν λιγότερο οικονομικό με παρόμοιες τιμές $\dot{V}O_2\max$. Παρόλα αυτά η τιμή της $\dot{V}O_2\max$ απαιτείται να είναι υψηλή όταν μιλάμε για ανταγωνιστικά δρομικά αγωνίσματα. Από την άλλη, ο Bale et al. (1986) προσέγγισαν διαφορετικά το ζήτημα μετρώντας τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών. Κάνοντας τις απαραίτητες μετρήσεις οδηγήθηκαν στον συμπέρασμα πως οι πιο ικανοί αθλητές 10 km έχουν χαμηλότερα ποσοστά σωματικού λίπους, με χαμηλή μάζα σώματος, περισσότερο εκτομορφικοί από ότι ενδομορφικοί, προπονούνται με μεγαλύτερη συχνότητα και φυσικά είναι πιο έμπειροι σε σχέση με τους αθλητές μεσαίου επιπέδου. Σε μετρήσεις που έγιναν με σκοπό να καθιερωθούν και να επικυρωθούν διάφορες εξισώσεις πρόβλεψης για τον μισό μαραθώνιο οι Gomez-Molina et al. (2017) χρησιμοποίησαν ένα ευρύ αριθμό δείγματος δρομέων του συγκεκριμένου αθλήματος. Στα αποτελέσματα της μελέτης αναφέρεται υψηλή συσχέτιση της τελικής επίδοσης στον μισό μαραθώνιο με το μήκος και την συχνότητα διασκελισμού στο αναπνευστικό κατώφλι. Η εξίσωση που δημιούργησαν και εξηγούσε ο μεγαλύτερο ποσοστό της επίδοσης περιείχε ως μεταβλητές την ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($v\dot{V}O_2\max$), την ταχύτητα στο αναπνευστικό κατώφλι και την αγωνιστική εμπειρία. Σε μια άλλη προσέγγιση οι Rust et al. (2011) θέλησαν να ερευνήσουν τις μεταβλητές πρόβλεψης με βάση τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, την προπόνηση και την εμπειρία με σκοπό τα προβλέψουν την επίδοση αρχάριων αθλητών στον μισό μαραθώνιο.

Κατέληξε στο συμπέρασμα πως ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά όπως η μάζα , αλλά και προπονητικά χαρακτηριστικά όπως η δρομική ταχύτητα ανά προπόνηση σχετίζονται άμεσα με την επίδοση στον μισό μαραθώνιο. Οι Sjodin & Svedenhag (1985) αναλύοντας την εφαρμοσμένη φυσιολογία του μαραθωνίου αναφέρουν πως η απόδοση σε ένα τόσο απαιτητικό αγώνισμα δεν εξαρτάται από έναν και μόνο παράγοντα. Το μόνο σίγουρο είναι πως ένας δρομέας πρέπει να βασίζεται κυρίως στην αερόβια του ικανότητα. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι το γεγονός πως αθλητές με παρόμοιες επιδόσεις παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές VO_2max , αποδεικνύοντας έτσι πως υπάρχουν και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Το ενεργειακό κόστος, η δρομική οικονομία, όπως και η ποσοστιαία αναλογία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε αγωνιστικό ρυθμό είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες. Οι παραπάνω μεταβλητές έχουν δείξει σε έναν βαθμό πως εξηγούν εναλλακτικά το «αναερόβιο κατώφλι» το οποίο φυσικά συσχετίζεται ως ο κύριος παράγοντας πρόβλεψης της επίδοσης στον μαραθώνιο και γενικά σε παρατεταμένης έντασης δρομικά αγωνίσματα. Αυτό που θα μπορούσε να προστεθεί ως σημαντικός παράγοντας δίπλα στο «αναερόβιο κατώφλι» είναι, κυρίως στους μαραθωνοδρόμους, η αποδοτικότερη αξιοποίηση των λιπαρών οξέων στην παραγωγή ενέργειας, όταν ο δρομέας αρχίζει να εξαντλεί τα αποθέματα γλυκογόνου κατά την διάρκεια του αγώνα. Το συμπέρασμα της παραπάνω ανασκόπησης είναι ότι οι φυσιολογικές παράμετροι και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά που μεγιστοποιούν την απόδοση δεν διαφέρουν σημαντικά στους αθλητές μεγάλων αποστάσεων. Η ταχύτητα στο αναπνευστικό κατώφλι, η δρομική οικονομία αλλά και παράγοντες όπως το μειωμένο ποσοστό σωματικού λίπους, η εμπειρία και η ηλικία είναι εκείνοι που διακρίνουν τους κορυφαίους αθλητές. Εκείνο που είναι λογικό να διαφέρει είναι η προπονητική προσέγγιση του προπονητή ως προς τον εκάστοτε αθλούμενο, έτσι ώστε η προπόνηση να εφαρμοστεί πάνω στις δικές του ατομικές ανάγκες και τις απαιτήσεις του κάθε δρομικού αγωνίσματος. Όπως φαίνεται στην παραπάνω ανασκόπηση της βιβλιογραφίας υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες μελέτες που έχουν εξετάσει τη συνεισφορά φυσιολογικών και ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών με

την απόδοση σε Ολυμπιακά δρομικά αγωνίσματα 5, 10, 21 και 42.2 km. Αντίστοιχες έρευνες για αγώνα διάρκειας 1 ώρας είναι πολύ σπάνιες.

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να εξετάσει την συνεισφορά επιλεγμένων παραμέτρων καρδιαναπνευστικής αντοχής σε παρατεταμένη μέγιστη προσπάθεια διάρκειας 1 ώρας.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Δοκιμαζόμενοι

Οι δοκιμαζόμενοι της μελέτης ήταν 8 φοιτητές της σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Αθηνών μέτρια έως καλά προπονημένοι.

Πίνακας 3.1. Ατομικές τιμές σωματομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζομένων.

Δοκιμαζόμενος	Μάζα σώματος (kg)	%Λίπους	Ηλικία (έτη)	Ύψος (cm)	VO ₂ max (ml/kg/min)	vVO ₂ max (km/h)
X.Π	91	15,6	29	181	55,01	17
X.X	63,6	15	21	173	53,78	18
Δ.Δ	64,1	7,5	21	172	57,16	17
Φ.Π	64,3	7,2	25	172	71,95	20
M.I	67,8	29	22	165	46,16	15
M.Δ	62,2	13,7	21	170	62,95	18
K.Δ	85,8	12,6	22	182,5	49,15	15

3.2. Εργαστηριακές Μετρήσεις – Όργανα μέτρησης

(I): Ανάστημα

Για τη μέτρηση του σωματικού ύψους των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε αναστημόμετρο (Seca Leicester, U.K.). Η μέτρηση του ύψους έγινε χωρίς υποδήματα μετά από πλήρη εισπνοή στο κοντινότερο χιλιοστό.

(II): Μάζα σώματος

Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε μηχανικός ανθρωποζυγός (Seca 710, U.K.). Το βάρος του σώματος υπολογίστηκε στο κοντινότερο 0,01 kgf με τους δοκιμαζόμενους να φορούν μόνο σορτς και μπλουζάκι.

(III): %λίπος

Για τη μέτρηση της εκατοστιαίας αναλογίας του λίπους χρησιμοποιήθηκε δερματοπτυχόμετρο (Harpenden, U.K.). Μετρήθηκαν τέσσερις δερματοπτυχές σε κάθε δοκιμαζόμενο (δικεφαλική, τρικεφαλική, υποπλάτιος και υπερλαγώνιος) πάντα στη δεξιά πλευρά του σώματος (εικόνα 1). Ο υπολογισμός του ποσοστού του λίπους έγινε σύμφωνα με τις εξισώσεις των DurninandWomersley (1974).



Εικόνα 3.1 Μέτρηση υποπλάτιας δερματοπτυχής με δερματοπτυχόμετρο Harpenden.

(VI): Μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου

Για τη μέτρηση της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2max) οι δοκιμαζόμενοι ξεκίνησαν την προσπάθεια με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση από ταχύτητα (Εικόνα 2) που αντιστοιχούσε στο 65%HRmax περίπου πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym runrace 1200, Italy). Κάθε 5 δοκιμασίες γινόταν βαθμονόμηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου μετρώντας το χρόνο των 30 περιστροφών του μάντα υπολογίζοντας έτσι την ταχύτητα του και συγκρίνοντας με τις ενδείξεις των οργάνων του. Η κλίση του δαπεδοεργόμετρου σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας διατηρήθηκε μηδενική καθόσον η ταχύτητα αυξανόταν κάθε 2 λεπτά $1km.h^{-1}$ μέχρι να μην μπορεί να ακολουθήσει ο δοκιμαζόμενος την ταχύτητα του μάντα του διαδρόμου. Αυτό το πρωτόκολλο εξαντλεί τους δοκιμαζόμενους περίπου σε 9-14 λεπτά (Scott and Houmard, 1994) και δίνει τις ίδιες τιμές VO_2max συγκριτικά με άλλα πρωτόκολλα που αφήνουν τον δοκιμαζόμενο για μεγαλύτερη διάρκεια σε κάθε ταχύτητα (Gibson et al., 1999). Επίσης έχει τη δυνατότητα ο ερευνητής ταυτόχρονα να προσδιορίσει το αναπνευστικό κατώφλι (AK) και την ταχύτητα στη μέγιστη αερόβια ικανότητα (Daniels, J. And Daniels, N. 1992). Στη διάρκεια της δοκιμασίας και ιδιαίτερα στα τελευταία στάδια υπήρξε συνεχής προφορική παρότρυνση από τον εξεταστή για μέγιστη προσπάθεια καθώς και για το υπόλοιπο του χρόνου μέχρι τη ολοκλήρωση παραμονής στο φορτίο (Mofatt et al., 1994).

Στη διάρκεια της δοκιμασίας ο εκπνεόμενος αέρας κατευθυνόταν μέσω βαλβίδας δύο διαδρομών (Hans Rudolph, 2700c) και πλαστικού σωλήνα (180 cm) σε πλαστικούς σάκους 150 lit (Douglas bags, UK) ενώ η ποσοστιαία αναλογία σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα αναλύονταν με τη χρήση των αναλυτών αερίων Vaccumed (17620 O_2 και 17630 CO_2 silver edition, USA). Ο αναλυτής αερίων

βαθμονομήθηκε πριν από κάθε δοκιμασία με γνωστή σύνθεση αερίων. Ο όγκος του εκπνεόμενου αέρα μετρήθηκε με φορητό ξηρό πνευμονοταχογράφο (Harvard dry gas meter, USA). Η βαθμονόμηση του πνευμονοταχογράφου έγινε με σύριγγα 3 l (Hans Rudolf 5530, Kansas City, MO) σε διαφορετικές ταχύτητες ροής αέρα.

Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν να προσέρχονται στο εργαστήριο μετά από τουλάχιστο 48 ώρες αποχή από αλκοόλ, καφεΐνη, κάπνισμα και έντονη άσκηση.

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

- Αναπνευστικό πηλίκο μεγαλύτερο από 1,05 (Davis et al., 1984; McMiken and Daniels, 1976)
- Πλατό στη VO_2max ή αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου λιγότερο από 150ml στις τελευταίες ταχύτητες (McConnel, 1988; Taylor et al., 1955; Davis et al., 1984).
- Μέγιστη καρδιακή συχνότητα ± 10 b.p.m από την προβλεπόμενη για την ηλικία του δοκιμαζόμενου (Gibson et al., 1979; Shephard, 1984).
- Βαθμολογία της αντίληψης της κόπωσης της προσπάθειας από τον δοκιμαζόμενο >18 στην κλίμακα 6-20 του Borg (Borg and Ottosson, 1985; Hammond and Froelicher, 1984).

Για τη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή της παραμέτρου των τελευταίων φορτίων της δοκιμασίας.



Εικόνα 3.2. Μέτρηση της κατανάλωσης O_2 με τη χρήση σάκων Douglas στη διάρκεια της δοκιμασίας με προοδευτικά αυξανόμενη ταχύτητα τρεξίματος.

(VII): Καρδιακή συχνότητα.

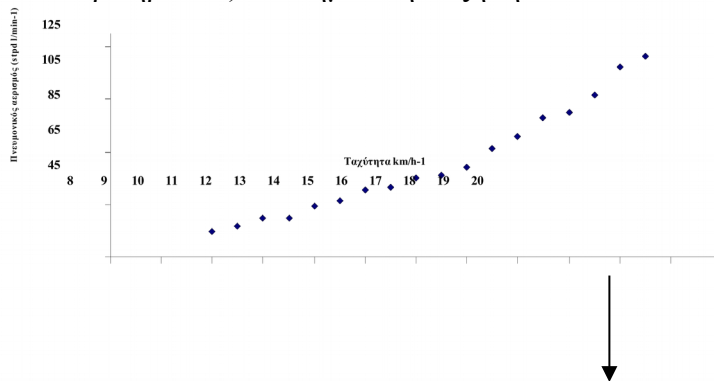
Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας έγινε σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας εύρεσης της VO_2max . Ο δοκιμαζόμενος φορούσε γύρω από τον θώρακα (Εικόνα 3) ζώνη (Polar, Finland) η οποία είχε ενσωματωμένα ηλεκτρόδια, για να ανιχνεύουν το ηλεκτρικό φορτίο σε κάθε καρδιακή συστολή και πομπό για να στέλνει το ανάλογο σήμα σε δέκτη ο οποίος ήταν ενσωματωμένος στο λειτουργικό πρόγραμμα του δαπεδοεργομέτρου. Με αυτόν τον τρόπο γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας για μεταγενέστερη ανάλυση



Εικόνα 3.3. Ο αισθητήρας πομπός Polar (T31) που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας.

(VI): Αναπνευστικό κατώφλι.

Για τον εντοπισμό του αναπνευστικού ουδού (κατώφλι) χρησιμοποιήθηκαν δύο κριτήρια.: 1) συστηματική αύξηση στο αναπνευστικό ισοδύναμο του οξυγόνου



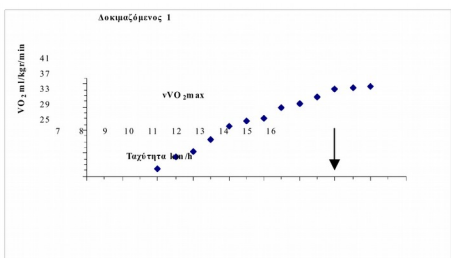
Σχήμα 3.1. Γραφική αναπαράσταση υπολογισμού ταχύτητας στο αναπνευστικό κατώφλι σε ένα δοκιμαζόμενο χρησιμοποιώντας τον όγκο του εκπνεόμενου αέρα.

(VE/VO_2) χωρίς να παρατηρηθεί αύξηση στο αναπνευστικό ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα (VE/VCO_2 , Davis, 1985); 2) στη γραφική παράσταση της σχέσης του όγκου του εκπνεόμενου αέρα (VE_{std}) με την ταχύτητα τρεξίματος η προβολή του σημείου στο άξονα των ταχυτήτων (Σχήμα 3.2) όπου χάνεται η γραμμικότητα (Wasserman et al., 1973).

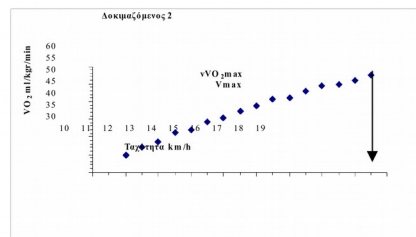
(IX): Ταχύτητα στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (vVO_2max)

Η ταχύτητα στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου καθορίστηκε από την ταχύτητα του δαπεδοεργόμετρου στη διάρκεια της δοκιμασίας VO_2max που αντιστοιχούσε στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (Billat et al., 1994; Tanaka et al., 1989; Noakes et al., 1990; Scrimgeour et al., 1986). Όταν στη διάρκεια των τελευταίων λεπτών της προσπάθειας ο δοκιμαζόμενος δεν παρουσίαζε αύξηση στην κατανάλωση O_2 (πλατό) τότε η vVO_2max ήταν χαμηλότερη από την τελική ταχύτητα μέτρησης (Σχήμα 3). Το κριτήριο για να θεωρηθεί ότι ο δοκιμαζόμενος έκανε πλατό στο τέλος της προσπάθειας ήταν αύξηση στην κατανάλωση οξυγόνου μικρότερη από $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ με την προοδευτική αύξηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου (Billat et al., 1994).

A)



B)



Σχήμα 3.2.(A,B) Γραφική αναπαράσταση διαδικασίας εντοπισμού vVO_2max σε δύο δοκιμαζόμενους στη διάρκεια προσπάθειας με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση πάνω σε δαπεδοεργόμετρο. Στο δοκιμαζόμενο 1 εξαιτίας του πλατό που παρουσιάζει στα τελευταία λεπτά της άσκησης η vVO_2max είναι μικρότερη από την τελική ταχύτητα που έφτασε ο δοκιμαζόμενος. Αντίθετα στο δοκιμαζόμενο 2 η vVO_2max συμπίπτει με την τελική ταχύτητα που έφτασε ο δοκιμαζόμενος στο δαπεδοεργόμετρο.

3.3. Αγώνας διάρκειας 1 ώρας

Δύο εβδομάδες μετά την μέγιστη προσπάθεια στο εργαστήριο για την αξιολόγηση των παραμέτρων καρδιαναπνευστικής αντοχής οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε αγώνα διάρκειας 1 ώρας που πραγματοποιήθηκε σε στίβο 303m. Πριν την έναρξη της αγωνιστικής προσπάθειας δόθηκε οδηγία στους συμμετέχοντες να καλύψουν όση περισσότερη απόσταση μπορούσαν κατά την διάρκεια της 1 ώρας. Πριν τον αγώνα επίσης ο κάθε αθλητής πραγματοποίησε προθέρμανση 5-10 λεπτά και 5 λεπτά δυναμικές διατακτικές ασκήσεις. Η μέτρηση του συνόλου των περασμάτων (στροφές) έγινε με σύστημα χρονομέτρησης RFID (Raceresult, Germany) όπου κάθε φορά που ο δρομέας περνούσε τις κεραίες του συστήματος χρονομέτρησης καταγραφόταν το πέρασμα από chip χρονομέτρησης ενσωματωμένο στον αριθμό που ήταν τοποθετημένος στο στήθος. Η επιπλέον απόσταση έως την συμπλήρωση των 60 λεπτών από το τελευταίο πέρασμα από το σημείο ελέγχου μετρήθηκε με ειδικό τροχό (μετροταινία) και προστέθηκε στο γινόμενο των τελικών γύρων για να υπολογιστεί η τελική απόσταση.

3.4. Στατιστική ανάλυση.

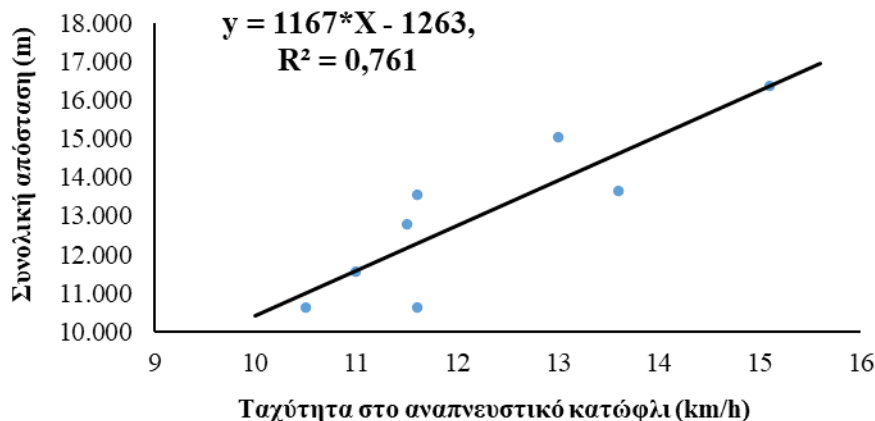
Για τον υπολογισμό των μέσων τιμών και σταθερών αποκλίσεων χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση. Για τον υπολογισμό των συσχετίσεων των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson. Πραγματοποιήθηκε επίσης απλή ανάλυση παλινδρόμησης για τον υπολογισμό του R^2 . Η στατιστική σημαντικότητα υπολογίστηκε στο επίπεδο $p < 0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον πίνακα 4.1. παρουσιάζονται οι ατομικές τιμές της μέγιστης απόστασης που κάλυψαν οι δρομείς στον αγώνα διάρκειας 1 ώρας. Στον πίνακα 4.2 φαίνονται οι αλληλοσυσχετίσεις των σωματομετρικών και παραμέτρων καρδιαναπνευστικής αντοχής με την τελική απόσταση του αγώνα διάρκειας 1 ώρας. Υψηλούς συντελεστές ($p < 0,05$) συσχέτισης $r = 0,73, 0,80, 0,73$ και $0,78$ με την απόσταση του αγώνα παρουσίασαν η VO_2max , vVO_2max , $\%K\Sigma max@ 10km/h$ και $v@85\%VO_2max$ αντίστοιχα. Την υψηλότερη ωστόσο συσχέτιση ($r = 0,87$) παρουσίασε η $v@AK$ ($p < 0,01$). Όπως φαίνεται στο σχήμα 1 η $v@AK$ μπορεί από μόνη της να εξηγήσει το 76% της διαφοροποίησης της επίδοσης σε μέγιστη αγωνιστική προσπάθεια διάρκειας 1 ώρας. Επίσης μπορεί να γίνει και πρόβλεψη της επίδοσης από την εξίσωση: **μέγιστη απόσταση = $1167 * ταχύτητα \text{ στο αναερόβιο κατώφλι (km/h)} - 1263$**

Πίνακας 4.1 Ατομικές τιμές απόστασης αγώνα διάρκειας 1 ώρας.

Δοκιμαζόμενος	Συνολική απόσταση (m)
Χ.Π	13.547
Χ.Χ	13.637
Δ.Δ	10.633,70
Φ.Π	16.363,75
Μ.Ι	12.788
Μ.Δ	15.040
Κ.Δ	10.620,90
Κ.Ε	11.542,70



Σχήμα 4.1. Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης απόστασης αγώνα διάρκειας 1 ώρας με την ταχύτητα τρεξίματος στο αναπνευστικό κατώφλι.

Παράμετρος	Μάζα (kg)	%Λίπος	Ηλικία (έτη)	Ανάστημα (cm)	VO ₂ max (ml/kg/min)	vVO ₂ max (km/h)	v@AK (km/h)	VO ₂ @10 km/h	%KΣmax@ 10km/h	v@85%VO ₂ max (km/h)	Συνολική απόσταση (m)
Μάζα (kg)		-0,092	0,672	,878**	-0,261	-0,145	-0,318	0,011	0,46	-0,145	-0,132
%Λίπος	-0,092		-0,121	-0,497	-0,694	-0,659	-0,421	-0,66	0,318	-,713*	-0,162
Ηλικία (έτη)	0,672	-0,121		0,511	0,227	0,269	0,126	0,31	0,082	0,267	0,362
Ανάστημα (cm)	,878**	-0,497	0,511		0,015	0,169	-0,051	0,189	0,216	0,149	-0,042
VO ₂ max (ml/kg/min)	-0,261	-0,694	0,227	0,015		,894**	,807*	0,405	-0,685	,978**	,733*
vVO ₂ max (km/h)	-0,145	-0,659	0,269	0,169	,894**		,932**	0,266	-,839**	,948**	,803*
v@AK (km/h)	-0,318	-0,421	0,126	-0,051	,807*	,932**		0,053	-,918**	,851**	,872**
VO ₂ @10 km/h	0,011	-0,66	0,31	0,189	0,405	0,266	0,053		0,088	0,307	-0,152
%KΣmax@ 10km/h	0,46	0,318	0,082	0,216	-0,685	-,839**	-,918*	0,088		-,739*	-,736*
v@85%VO ₂ max (km/h)	-0,145	-,713*	0,267	0,149	,978**	,948**	,851**	0,307	-,739*		,780*
Συνολική απόσταση (m)	-0,132	-0,162	0,362	-0,042	,733*	,803*	,872**	-0,152	-,736*	,780*	

** p<0,01

* p<0,05

Πίνακας 4.2. Πίνακας αλληλοσυσχετίσεων σωματομετρικών χαρακτηριστικών, παραμέτρων καρδιανπνευστικής αντοχής με τη συνολική απόσταση του αγώνα διάρκειας 1 ώρας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να μελετήσει τις φυσιολογικές παραμέτρους οι οποίες συνεισφέρουν περισσότερο στην επίδοση σε αγώνα δρόμου διάρκειας 1 ώρας. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλή ($p < 0,05$) συσχέτιση των της VO_{2max} , vVO_{2max} ($p < 0,05$) $\%K\Sigma_{max}@10km/h$, $v@85\%VO_{2max}$ και της $v@AK$. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με άλλες δημοσιευμένες μελέτες όπου αναφέρουν ότι η δρομική ταχύτητα στο αναπνευστικό κατώφλι συσχετίζεται πολύ υψηλά ($r > 0,80$) με την μέση αγωνιστική δρομική ταχύτητα σε αγώνες των >5 km (Maffulli et al. 1990; Tanaka 1991). Άρα όσο η συγκεκριμένη παράμετρος αυξάνεται τόσο περισσότερη απόσταση μπορεί ο εκάστοτε αθλητής να καλύψει στον αγώνα της 1 ώρας. Η ταχύτητα στο αναπνευστικό κατώφλι κυμαίνεται περίπου στο 60-75% της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (Tanaka 1991). Επομένως μέσω της προπόνησης μια αύξηση στην μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου, αλλά και στην ταχύτητα στην οποία εμφανίζεται, θα φέρει βελτιώσεις στην απόδοση για τον συγκεκριμένο αγώνα, λόγω του ότι το συγκεκριμένο ποσοστό που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι θα αφορά πλέον μεγαλύτερες τιμές δρομικής ταχύτητας. Όσον αφορά το ποσοστό της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, σε υπομέγιστη ταχύτητα τρεξίματος η συσχέτισή του ήταν αρνητική όπως προβλεπόταν. Αυτό σημαίνει ότι όσο μικρότερο ποσοστό της μέγιστης καρδιακής συχνότητας χρησιμοποιεί ο δρομέας σε μια συγκεκριμένη υπομέγιστη δρομική ταχύτητα, τόσο μεγαλύτερα περιθώρια έχει ένας αθλητής ώστε να φτάσει σε υψηλότερες δρομικές ταχύτητες. Από κει και πέρα πολύ σημαντικό ρόλο σε όλα τα δρομικά αγωνίσματα παίζει το πόσο ο αθλητής είναι διατεθειμένος να πιέσει τον εαυτό του ώστε να κρατήσει τις παραπάνω τιμές στα ποσοστά που πρέπει για 1 ώρα. Συνοψίζοντας θα λέγαμε πως ο σημαντικότερος φυσιολογικός παράγοντας για την βελτιστοποίηση της απόδοσης στον αγώνα διάρκειας 1 ώρας είναι η

ταχύτητα που αντιστοιχεί στον αναπνευστικό κατώφλι, η οποία πλαισιώνεται από τις υπόλοιπες παραμέτρους που βοηθούν στην βελτίωσή της. Στην συγκεκριμένη έρευνα το δείγμα αποτελούταν από 8 φοιτητές αθλούμενοι της ειδικότητας αθλητικών δρόμων της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Περισσότερη έρευνα με μεγαλύτερο αριθμό δείγματος χρειάζεται έτσι ώστε να επαληθευτούν όλες οι παραπάνω παρατηρήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Variability of performance during a 60-min running race. Costas Chryssanthopoulos, Christos Ziaras, Elias Zacharogiannis, Antonios K Travlos, Giorgos P Paradisis, Ioannis Lambropoulos, Charilaos Tsolakis, Fotios Zeglis & Maria Maridaki
2. Repeatability of scores on a novel test of endurance running performance. Ian Rollo, Clyde Williams & Alan Nevill
3. Cardiorespiratory and Lactate Responses to A 1-hour Submaximal Running at the Lactate Threshold. Kiyoji TANAKA
4. Anaerobic threshold and performance in middle and long distance running. Maffulli N1, Capasso G, Lancia A
5. Physiological determinants of speciality of elite middle- and long-distance runners. Manuel Rabadán, Víctor Díaz, Francisco J. Calderón, Pedro J. Benito, Ana B. Peinado & Nicola Maffulli
6. Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance. T.D. Noakes, K.H. Myburgh & R. Schall
7. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. F. Conconi, M. Ferrari, P. G. Ziglio, P. Droghetti, and L. Codeca
8. Anaerobic threshold determination in master endurance runners. Maffulli N1, Testa V, Capasso G

9. Prediction of endurance running performance for middle-aged and older runners. N Takeshima, K Tanaka
10. Predictive Variables of Half-Marathon Performance for Male Runners. Josué Gómez-Molina, Ana Ogueta-Alday, Jesus Camara, Christopher Stickley José A. Rodríguez-Marroyo & Juan García-López
11. Applied Physiology of Marathon Running. Bertil Sjodin & Jan Svedenhag
12. Critical determinants of endurance performance in middle-aged and elderly endurance runners with heterogeneous training habits. Kiyoji Tanaka, Nobuo Takeshima, Takashi Kato, Shigemitsu Niihata & Kazuhiro Ueda
13. Predictor variables for a half marathon race time in recreational male runners. Christoph Alexander Rüst, Beat Knechtle, Patrizia Knechtle, Ursula Barandun, Romuald Lepers, and Thomas Rosemann
14. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. D. Bassett, E. Howley
15. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. DL Conley, GS Krahenbuhl
16. Anthropometric and training variables related to 10km running performance. P Bale, D Bradbury, E Colley