



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: «Συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων σε υπερμαραθώνιο δρόμο διάρκειας 12 ωρών»**

Όνοματεπώνυμο: **Διακοστεφανής Σέργιος**

Επιβλέπων καθηγητής: **Ζαχαρόγιαννης Ηλίας**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2023**

© Copyright

(Διακοστεφανής Σέργιος)

Σημείωμα Συγγραφέα

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί πτυχιακή εργασία που συντάχθηκε για το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του ΤΕΦΑΑ στη Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ και υποβλήθηκε τον Ιούνιο 2023.

Ο/Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων - όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο-, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων δρομέων υπερμαραθωνίου δρόμου στην επίδοση αγώνα διάρκειας 12 ωρών. Η συλλογή των δεδομένων της μελέτης έγινε σε 10 δρομείς που συμμετείχαν σε αγώνα διάρκειας 12 ωρών που πραγματοποιήθηκε εντός σταδίου. Οι δοκιμαζόμενοι πριν την αγωνιστική προσπάθεια υποβλήθηκαν σε εργομετρική αξιολόγηση για την μέτρηση των παραμέτρων καρδιαναπνευστικής αντοχής:  $\dot{V}O_2\max$ ,  $v\dot{V}O_2\max$ , και την ταχύτητα τρεξίματος στο αναπνευστικό κατώφλι. Πάρθηκαν επίσης ανθρωπομετρικά στοιχεία των δρομέων: ύψος, βάρος, %λίπους. Σημαντικότεροι παράγοντες στην επίδοση στον 12ωρο υπερμαραθώνιο δρόμο φάνηκε πως ήταν κατά σειρά: το ποσοστό του σωματικού λίπους, το ποσοστό των καρδιακών παλμών σε μία υπομέγιστη ταχύτητα των 12 χιλιομέτρων την ώρα και η ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη των δρομέων.

Λέξεις κλειδιά: υπεραποστάσεις, ενεργειακές απαιτήσεις, ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, αερόβια ικανότητα. 12ωρος αγώνας

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	iii
Πίνακας Περιεχομένων .....	iv
Κατάλογος Σχημάτων, Πινάκων και Συμβόλων και Συντομογραφιών .....	v
<b>I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>σελ.1</b>
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	σελ.1
1.2. Σημασία της έρευνας .....	σελ.2
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα.....	σελ.
<b>II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....</b>	<b>σελ.2</b>
2.1 Ενεργειακά συστήματα .....	σελ.3
2.2 Ενεργειακές απαιτήσεις υπερμαραθωνίου.....	σελ.4
2.3 Αερόβια και Αναερόβια Αντοχή.....	σελ5
2.4. Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.....	σελ.7
2.5 Αναερόβιο ή γαλακτικό κατόφλι.....	σελ.7
2.6 Αναπνευστικό κατόφλι.....	σελ.8
2.7. Αερόβιο κατόφλι .....	σελ.8
2.8 Δρομική οικονομία .....	σελ 8
<b>III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....</b>	<b>σελ.13</b>
3.1 Εργαστηριακές Μετρήσεις – Όργανα μέτρησης	
3.2. Μέρος, μετρήσεις και δρομείς	
3.3 Χρονομέτρηση, υπολογισμός τελικής απόστασης	
<b>IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	<b>σελ.17</b>

<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>σελ.21</b>
<b>VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>σελ.22</b>

### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

**Σχήμα 1.1:** σχέση μεταξύ του ρυθμού του αγώνα Prace και της μέσης εβδομαδιαίας απόστασης προπόνησης K.

**Σχήμα 1.2:** σχέση μεταξύ του προπονητικού ρυθμού τρεξίματος P και του ρυθμού τρεξίματος του αγώνα Prace.

**Σχήμα 1.3:** Ο ρυθμός αγώνα που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των αγώνων 42 km και 100 km απεικονίζεται σε σχέση με %BF.

**Σχήμα 4.1:** Γραφική απεικόνιση της σχέσης της μέγιστης πρόσληψης ( $VO_{2max}$ ) με την απόσταση.

**Σχήμα 4.2:** Γραφική απεικόνιση της σχέσης της ταχύτητας στην μέγιστη πρόσληψη ( $vVO_{2max}$ ) με την απόσταση.

**Σχήμα 4.3:** Γραφική απεικόνιση της σχέσης του ποσοστού των μέγιστων καρδιακών παλμών στα 12 χιλιόμετρα την ώρα σε σχέση με την απόσταση.

**Σχήμα 4.4:** Γραφική απεικόνιση της σχέσης του ποσοστού του σωματικού λίπους σε σχέση με την απόσταση.

### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

**Πίνακας 3.1:** εργομετρικά, ανθρωπομετρικά και αποτελέσματα αγώνα των δοκιμαζομένων.

**Πίνακας 4.1:** Συσχετίσεις μεταξύ επιλεγμένων μεταβλητών.

**Πίνακας 4.2:** Πίνακας μέσων τιμών και τυπικών αποκλίσεων των παραμέτρων.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως αντοχή ορίζεται η σχετική ένταση που μπορεί να διατηρηθεί για όσο γίνεται περισσότερο χρόνο ή ως η υψηλότερη ένταση που μπορεί να διατηρηθεί για ορισμένη διάρκεια. Η δημοτικότητα των αγώνων τρεξίματος αντοχής, όπως ο μαραθώνιος και ο υπερμαραθώνιος έχει αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Θεωρείται ότι ένας συνδυασμός φυσιολογικών, ανθρωπομετρικών και προπονητικών παραγόντων είναι κρίσιμος για τη βέλτιστη πρόβλεψη της απόδοσης του αγώνα. Εκτός από τις φυσιολογικές παραμέτρους, η μέτρηση των οποίων προορίζεται γενικά για δρομείς αποστάσεων υψηλού επιπέδου, μια σειρά από ανθρωπομετρικές μεταβλητές σχετίζονται με την απόδοση τρεξίματος αντοχής, όπως ο δείκτης μάζας σώματος και το ποσοστό σωματικού λίπους. Μεταξύ αυτών των ανθρωπομετρικών παραγόντων, το ποσοστό σωματικού λίπους έχει αποδειχθεί πως είναι ο καλύτερος προγνωστικός παράγοντας της απόδοσης σε έναν μαραθώνιο αποστάσεων. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης οι υπερμαραθωνοδρόμοι τρέχουν με σημαντικά χαμηλότερη ταχύτητα από τους μαραθωνίους, αλλά επενδύουν σε περισσότερες ώρες προπόνησης την εβδομάδα και με σημαντικά μεγαλύτερο όγκο προπόνησης. Ωστόσο οι αγώνες υπεραποστάσεων χαρακτηρίζονται δύσκολοι κυρίως λόγω των μεγάλων ψυχικών δυνάμεων που απαιτούνται για τον τερματισμό τους. Θα λέγαμε πως σε ένα μεγάλο μέρος της επίδοσης βασίζεται το πνευματικό κομμάτι του αθλητή. Όπως έχει πει χαρακτηριστικά και ο μεγαλύτερος υπερμαραθωνοδρόμος όλων των εποχών Γιάννης Κούρος : “ Όταν οι άλλοι κουράζονται, σταματούν. Εγώ όχι. Επιβάλλομαι στο σώμα μου με τη σκέψη. Του λέω ότι δεν είναι κουρασμένο και με ακούει. Ο δρομέας που είναι σε θέση να συνεχίσει είναι αυτός που έχει καταφέρει να κάνει την υπέρβαση σε ένα μεταφυσικό επίπεδο.”.

## **«Συνεισφορά επιλεγμένων φυσιολογικών παραμέτρων σε υπερμαραθώνιο δρόμο διάρκειας 12 ωρών»**

### **ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ**

#### **2.1 Ενεργειακά συστήματα**

Για να καλύψουν τις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες της άσκησης, οι σκελετικοί μύες έχουν μια ποικιλία μεταβολικών οδών που παράγουν ATP τόσο αναερόβια (δεν απαιτεί οξυγόνο) όσο και αερόβια. Αυτά τα μονοπάτια ενεργοποιούνται ταυτόχρονα από την έναρξη της άσκησης για να ανταποκριθούν με ακρίβεια στις απαιτήσεις μιας δεδομένης κατάστασης άσκησης. Αν και τα αερόβια μονοπάτια είναι τα προεπιλεγμένα, κυρίαρχα μονοπάτια που παράγουν ενέργεια κατά τη διάρκεια της άσκησης αντοχής, απαιτούν χρόνο (δευτερόλεπτα έως λεπτά) για να ενεργοποιηθούν πλήρως και τα αναερόβια συστήματα γρήγορα (σε χιλιοστά του δευτερολέπτου έως δευτερόλεπτα) παρέχουν ενέργεια για να καλύψουν αυτό που το αερόβιο σύστημα δεν μπορεί να παρέχει. Η παροχή αναερόβιας ενέργειας είναι επίσης σημαντική σε καταστάσεις άσκησης υψηλής έντασης, όπως το σπριντ, όπου η απαίτηση για ενέργεια υπερβαίνει κατά πολύ τον ρυθμό που μπορούν να παρέχουν τα αερόβια συστήματα. Το πρωτεύον αναερόβιο ενεργειακό σύστημα είναι το σύστημα φωσφορογόνο (ATP-PC). Το δεύτερο αναερόβιο ενεργειακό σύστημα είναι το γλυκολυτικό, το οποίο είναι το επικρατέστερο ενεργειακό σύστημα για δραστηριότητες που διαρκούν από 20 δευτερόλεπτα έως περίπου 2 λεπτά. Το πρωτεύον καύσιμο για το γλυκολυτικό σύστημα προέρχεται από τη διάσπαση των αποθεμάτων γλυκόζης αίματος και αποθεμάτων γλυκογόνου. Αρχικά, η μεγάλη πλειοψηφία του ATP παρέχεται από ταχεία γλυκόλυση και καθώς η διάρκεια της



δραστηριότητας πλησιάζει τα 2 λεπτά, η παροχή ATP προέρχεται κυρίως από αργή γλυκόλυση. Όπως και το γλυκολυτικό σύστημα, το οξειδωτικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τη γλυκόζη αίματος και μυϊκό γλυκογόνο ως πηγές καυσίμου για την παραγωγή ATP. Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των γλυκολυτικών και των οξειδωτικών συστημάτων είναι ότι οι ενζυματικές αντιδράσεις που σχετίζονται με το οξειδωτικό σύστημα εμφανίζονται με την παρουσία οξυγόνου, ενώ το γλυκολυτικό το σύστημα επεξεργάζεται ενέργεια χωρίς O<sub>2</sub>.

Σε αντίθεση με το γρήγορο γλυκολυτικό σύστημα, το οξειδωτικό σύστημα δεν παράγει γαλακτικό οξύ από τη διάσπαση της γλυκόζης και του γλυκογόνου.

Επιπλέον, το οξειδωτικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί λίπη και πρωτεΐνες στην παραγωγή του ATP.

Σε ηρεμία, τα οξειδωτικά συστήματα παράγουν περίπου το 70% της απόδοσης του ATP από την οξείδωση των λιπών και περίπου το 30% του ATP της από την οξείδωση των υδατανθράκων. Η χρήση καυσίμου εξαρτάται από την ένταση της άσκησης. Ο Brooks και οι συνάδελφοί του περιέγραψαν αυτό που ονομάζεται “cross-over concept”, στο οποίο σε άσκηση χαμηλότερης έντασης λαμβάνεται το ATP κυρίως από την οξείδωση του λίπους και ορισμένων υδατανθράκων. Καθώς αυξάνεται η ένταση της άσκησης, αυξάνεται η ποσότητα υδατανθράκων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ATP, ενώ η χρήση του λίπους για την παροχή ATP μειώνεται. Αυτό υποστηρίζει την ιδέα ότι σε περιόδους άσκησης υψηλότερης έντασης χρησιμοποιούνται υδατάνθρακες ως κύρια πηγή καυσίμου. Σε κάθε περίπτωση τα διάφορα ενεργειακά συστήματα συμβάλλουν στη συνολική απόδοση ATP. Ωστόσο, ανάλογα με τις φυσιολογικές απαιτήσεις που σχετίζονται με την περίοδο άσκησης, η απόδοση ATP μπορεί να συνδεθεί με ένα σύστημα πρωτογενούς ενέργειας. Για παράδειγμα, τα αγωνίσματα πολύ υψηλής έντασης, όπως το σπριντ 100 μέτρων, που συμβαίνουν σε σύντομο χρονικό διάστημα, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική εξάρτηση από τα αναερόβια ενεργειακά συστήματα ώστε να ικανοποιηθεί η ζήτηση για ATP.

Καθώς η διάρκεια της δραστηριότητας επεκτείνεται, η εξάρτηση από τους οξειδωτικούς μηχανισμούς για την παροχή ATP αυξάνεται. Για παράδειγμα, περίοδοι άσκησης που διαρκούν περίπου 1 λεπτό ικανοποιούν το 70% της ενεργειακής

ζήτησης του σώματος μέσω αναερόβιων μηχανισμών, ενώ οι περίοδοι ασκήσεων που έχουν διάρκεια 4 λεπτών θα καλύψουν το 65% της ζήτησης ενέργειας του σώματος μέσω της χρήσης του αερόβιου μεταβολισμού.

Έτσι, υπάρχει ένα σύστημα πρωτογενούς ενέργειας που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του αθλητή σε ATP κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου αθλητικού γεγονότος και η κατανόηση αυτή θα βοηθήσει προπονητές και αθλητές στον σχεδιασμό προγραμμάτων προπόνησης που στοχεύουν συγκεκριμένες βιοενεργειακές ανάγκες για την αθλητική δραστηριότητα. Η παραγωγή ATP σε αυτό το σύστημα είναι πιο αργή σε σύγκριση με τα προηγούμενα συστήματα αλλά παράγεται σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται σε αγώνισμα μεγάλης διάρκειας, πάνω από 5 λεπτά όπως ο μαραθώνιος, ο υπερμαραθώνιος.

## **2.2 Ενεργειακές απαιτήσεις υπερμαραθωνίου**

**Αξιοποίηση οξυγόνου:** Το αερόβιο σύστημα βασίζεται στην παρουσία οξυγόνου για την παραγωγή ενέργειας. Κατά τη διάρκεια ενός υπερμαραθωνίου, η πρόσληψη οξυγόνου από το σώμα αυξάνεται για να καλύψει τις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις. Οι υπερμαραθωνοδρόμοι έχουν καλά ανεπτυγμένα καρδιαγγειακά συστήματα, συμπεριλαμβανομένης μιας αποτελεσματικής καρδιάς και πνευμόνων, που τους επιτρέπει να παρέχουν αίμα πλούσιο σε οξυγόνο στους μύες.

**Μεταβολισμός λίπους:** Οι υπερμαραθωνοδρόμοι βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στο λίπος ως πηγή καυσίμου κατά το τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων. Το αερόβιο σύστημα διασπά το αποθηκευμένο σωματικό λίπος και τα διατροφικά λίπη σε λιπαρά οξέα, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται στους μύες για παραγωγή ενέργειας. Η ικανότητα χρήσης του λίπους ως πηγής καυσίμου είναι πλεονεκτική επειδή παρέχει σχεδόν απεριόριστο ενεργειακό ανεφοδιασμό σε σύγκριση με τα περιορισμένα αποθέματα γλυκογόνου.

**Διατήρηση γλυκογόνου:** Ενώ το λίπος είναι η κυρίαρχη πηγή καυσίμου για τους υπερμαραθωνοδρόμους, το αερόβιο σύστημα χρησιμοποιεί επίσης γλυκογόνο, την αποθηκευμένη μορφή υδατανθράκων στους μύες και στο συκώτι. Για να διατηρήσουν το γλυκογόνο, οι υπερμαραθωνοδρόμοι διατηρούν έναν βιώσιμο ρυθμό που τους

επιτρέπει να βασίζονται περισσότερο στην οξείδωση του λίπους αντί να εξαντλούν τα αποθέματά τους γλυκογόνου πολύ γρήγορα.

**Μιτοχονδριακές Προσαρμογές:** Τα μιτοχόνδρια, οι μονάδες παραγωγής ενέργειας των κυττάρων, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή αερόβιας ενέργειας. Οι υπερμαραθωνοδρόμοι παρουσιάζουν σημαντικές μιτοχονδριακές προσαρμογές λόγω της εκτεταμένης προπόνησης αντοχής τους. Αυτές οι προσαρμογές περιλαμβάνουν αύξηση της μιτοχονδριακής πυκνότητας και της ενζυμικής δραστηριότητας, ενισχύοντας την απόδοση της αερόβιας παραγωγής ενέργειας.

### **2.3 Αερόβια και Αναερόβια αντοχή**

Είναι χρήσιμο να ξεκαθαρίσουμε την αερόβια και την αναερόβια αντοχή. Η αναερόβια αντοχή εξαρτάται κυρίως από το φωσφορογόνο σύστημα, την γλυκολυτική ικανότητα των μυών μας καθώς και την ικανότητά τους να παράγουν ισχύ αλλά και να απομακρύνουν καματογόνες ουσίες. Συνήθως γίνεται αναφορά σε προσπάθειες από 10 έως 180 δευτερόλεπτα. Σε προσπάθειες μεγαλύτερης διάρκειας γίνεται αναφορά ως αερόβια αντοχή, καθώς η παραγωγή ενέργειας γίνεται κυρίως από τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας. Η υψηλή ικανότητα στην μία δεν οδηγεί και σε υψηλή ικανότητα στην άλλη. Η κάθε μία έχει διαφορετική βιοχημική βάση. Ο παράγοντας ο οποίος περιορίζει την απόδοση στα αγωνίσματα αντοχής είναι η κόπωση. Δηλαδή η σταδιακή μείωση της ικανότητας για διατήρηση του ρυθμού τρεξίματος. Η κόπωση πηγάζει κυρίως από την εξάντληση των αποθηκών ενέργειας, από την συσσώρευση καματογόνων ουσιών καθώς και από προστατευτικούς μηχανισμούς του νευρικού συστήματος. Για να μπορέσουμε να τρέξουμε μεγάλες αποστάσεις, την παραγωγή ενέργειας αναλαμβάνει κυρίως το αερόβιο σύστημα. Το οποίο έχει την δυνατότητα να παράσχει πάρα πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας, απλά σε πιο αργό ρυθμό σε σχέση με αυτόν που απαιτείται στο πολύ γρήγορο τρέξιμο. Το πόσο γρηγορότερα μπορεί να τρέχει κάποιος, για την δεδομένη απόσταση που είναι ο στόχος, αντιμετωπίζοντας την κόπωση και την σταδιακή εξάντληση ενέργειας, καθορίζει τον νικητή. Η απόδοση σε αυτή την αθλητική δραστηριότητα είναι σαφώς πολυπαραγοντική. Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε πιο ξεκάθαρα το αντικείμενο, μας βολεύει να διαχωρίσουμε τους παράγοντες σε 5 κατηγορίες. Αυτός ο

διαχωρισμός μας αρέσει καθώς δείχνει ότι δεν έχει να κάνει μόνο με τα σωματικά προσόντα αλλά και με άλλα στοιχεία που δεν μας έρχονται στο μυαλό αμέσως, αλλά παίζουν το ρόλο τους. Χαρακτηριστικό είναι ότι κάποιος για παράδειγμα με μικρότερη  $VO_2max$  αλλά αποφασιστικότητα και πάθος, μπορεί να τρέχει το ίδιο ή και καλύτερα από άλλον δρομέα.

Οι 5 βασικές κατηγορίες μαζί με τα επιμέρους είναι τα εξής:

α) Διατροφή. – Διαθεσιμότητα ενέργειας – Υδατάνθρακας πριν και κατά την διάρκεια του αγώνα και της προπόνησης – Ενυδάτωση, ηλεκτρολύτες – Συμπληρώματα διατροφής, εργογόνα βοηθήματα (πχ καφεΐνη) β) Περιβάλλον. – Υψόμετρο – Υγρασία – θερμοκρασία γ) Λειτουργία κεντρικού νευρικού συστήματος. – Διέγερση – Παρακίνηση δ) Σωματικά προσόντα/Τεχνική. – Σωματότυπος – Αναλογία μυικών ινών – Νευρομυικός συντονισμός ε) Παραγωγή ενέργειας. Α) Αναερόβιο σύστημα – Φωσφοκρεατίνη – Γλυκόλυση Β) Αερόβιο σύστημα –  $VO_2max$  – Καρδιακή παροχή – Μεταφορά οξυγόνου – Μιτοχόνδρια – Οξειδωτικά ένζυμα – Απομάκρυνση/αδρανοποίηση καματογόνων ουσιών-δίκτυο τριχοειδών αγγείων.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, βγαίνει το εξής συμπέρασμα. Ότι από όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση στην αντοχή, κάποιους μπορούμε να τους τροποποιήσουμε και κάποιους όχι.

Σχετικά με αυτούς μπορούμε να τροποποιήσουμε, δεν είναι πάντα γνωστό το ιδανικό για να βελτιστοποιηθεί η απόδοση. Επίσης κάποιιοι δεν εξαρτώνται πάντα από εμάς. Όπως οι συνθήκες του περιβάλλοντος. Μπορεί να μην μπορούμε να αλλάξουμε το ποσοστό υγρασίας μίας μέρας, αλλά αν για παράδειγμα θέλουμε να κάνουμε προσωπικό ρεκόρ, μπορούμε να διαλέξουμε μία ημέρα με καλύτερες συνθήκες. Οι παράγοντες της κατηγορίας 5 (παραγωγή ενέργειας) εξαρτώνται τόσο από τα σωματικά μας προσόντα, τόσο όμως και από το προσωπικό ερέθισμα. Έχει βρεθεί ότι με την συμμετοχή σε κατάλληλο πρόγραμμα μπορούμε να επιτύχουμε σημαντική βελτίωση. Ανάλογα με το με το επίπεδο που βρισκόμαστε και την γενετική μας προδιάθεση μπορούμε να έχουμε βελτίωση από 10 έως 50-60% σε παράγοντες όπως η  $VO_2 max$ . Σίγουρα όμως τα γονίδια θέτουν το ταβάνι.

Σχετικά με τους παράγοντες της κατηγορίας 4, σίγουρα τον σωματότυπο και το ύψος δεν μπορούμε να τα αλλάξουμε. Αυτό όμως που μπορούμε να αλλάξουμε είναι το ποσοστό λίπους, το σωματικό μας βάρος και ίσως να αυξήσουμε μέχρι ένα σημείο την αναλογία γρήγορων και αργών μυϊκών ινών. Επίσης μπορούμε να βελτιώσουμε την τεχνική μας και να γίνουμε πιο οικονομικοί σε βάθος χρόνου. Η δρομική οικονομία ίσως είναι από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για την απόδοση σε αγώνες παρατεταμένης διάρκειας. Η οποία μπορεί να βελτιωθεί με ειδικό ασκησιολόγιο, χρόνια προπόνηση και προπόνηση ενδυνάμωσης. Σχετικά με το σωματικό βάρος, είναι λογικό ότι όσο πιο λίγο βάρος μη παραγωγικού ιστού (που δεν συμμετέχει στη πρόσληψη και κατανάλωση οξυγόνου) όπως το σωματικό λίπος, τόσο πιθανόν να μειώνεται η απόδοση στην αντοχή. Δείκτες όπως η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) μετριέται σε ml οξυγόνου ανά κιλό σωματικής μάζας. Συνεπώς όσο μικρότερη είναι η μυϊκή μάζα, τόσο μεγαλύτερη η τιμή της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (σχετική τιμή μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου).

Σε συνθήκες αγώνα, υπάρχει ακόμα ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα. Αυτό είναι η τακτική. Χρησιμοποιείται από αθλητές για να επηρεάσουν την έκβαση του αγώνα των αντιπάλων τους (βγάζοντάς τους από τον ρυθμό που είχαν προετοιμαστεί να τρέξουν) αλλά και για να εκμεταλλευτούν από την μία τα δικά τους προσόντα, ελέγχοντας παράλληλα τις αδυναμίες τους. Ένας αθλητής πιθανόν γνωρίζει ποια τακτική τον βοηθάει για να επιτύχει τον βέλτιστο χρόνο. Μπορεί αυτή να είναι αργό ξεκίνημα και αύξηση ρυθμού στο β' μέρος του αγώνα ή διατήρηση ενός συνεχούς ρυθμού χωρίς καμία αυξομείωση. Οι δείκτες που θα αναφερθούμε δείχνουν την βιοχημική λειτουργία του οργανισμού σε συνθήκες τρεξίματος. Δεν μπορούν όμως επιπλέον να χαρακτηρίσουν απόλυτα έναν αθλητή καλύτερο αν υπερέχει σε σχέση με κάποιον άλλο για παράδειγμα στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Μπορεί για διάφορους άλλους λόγους να τρέχουν μία X απόσταση στον ίδιο χρόνο.

**Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου:** η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) καλείται ο μέγιστος όγκος οξυγόνου που μπορούν να καταναλώσουν οι ιστοί ενός ατόμου κατά τη σωματική άσκηση, στη μονάδα του χρόνου. Η  $VO_{2max}$  μετριέται σε λίτρα οξυγόνου που καταναλώνεται ανά λεπτό σε προσαρμοσμένη σωματική μάζα ή σε

χιλιοστόλιτρα οξυγόνου που καταναλώνεται ανά Kg σωματικού βάρους ανά λεπτό.  
(Hill and Lupton)

**Αναερόβιο ή γαλακτικό κατώφλι.** Το γαλακτικό κατώφλι είναι το σημείο κατά το οποίο παρατηρείται αύξηση του ρυθμού παραγωγής γαλακτικού οξέως. Μπορεί το γαλακτικό οξύ να μην συνδέεται πλέον την αύξηση της κόπωσης, αλλά δείχνει το σημείο κατά το οποίο αυξάνεται σημαντικά ο ρυθμός αναερόβιας παραγωγής ενέργειας (ή και σε συνδυασμό μειώνεται η ικανότητα απομάκρυνσης). Γεγονός που οδηγεί σε εξάντληση των υδατανθράκων και την συσσώρευση καματογόνων ουσιών. Αυτό το σημείο μπορεί να εκφραστεί ως μία τιμή ταχύτητας τρεξίματος, η οποία εκείνη την δεδομένη στιγμή χρειάζεται και αύξηση της γλυκόλυσης για παραγωγή ενέργειας. Αυτή η αύξηση της γλυκόλυσης οδηγεί σε γρηγορότερη εξάντληση, καθώς αυτή η αποθήκη ενέργειας είναι πεπερασμένη.

**Αναπνευστικό κατώφλι.** Ορίζεται ως η ένταση της άσκησης, όπου η αύξηση στην αναπνοή γίνεται δυσανάλογη (μη γραμμική αύξηση) σε σχέση με την αύξηση της έντασης της άσκησης (δρομική ταχύτητα) σε μια γραμμικά αυξανόμενη δοκιμασία. Αυτή η παράκαμψη από τη γραμμικότητα στην αναπνοή περιλαμβάνει, πέρα από την αύξηση του πνευμονικού αερισμού και της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα, και την αύξηση του αναπνευστικού πηλίκου ( $CO_2/O_2 - RQ$ ). Αυτή η αναπνευστική απόκριση οφείλεται στις χημικές διεργασίες αντιμετώπισης της αύξησης του ΓΟ.

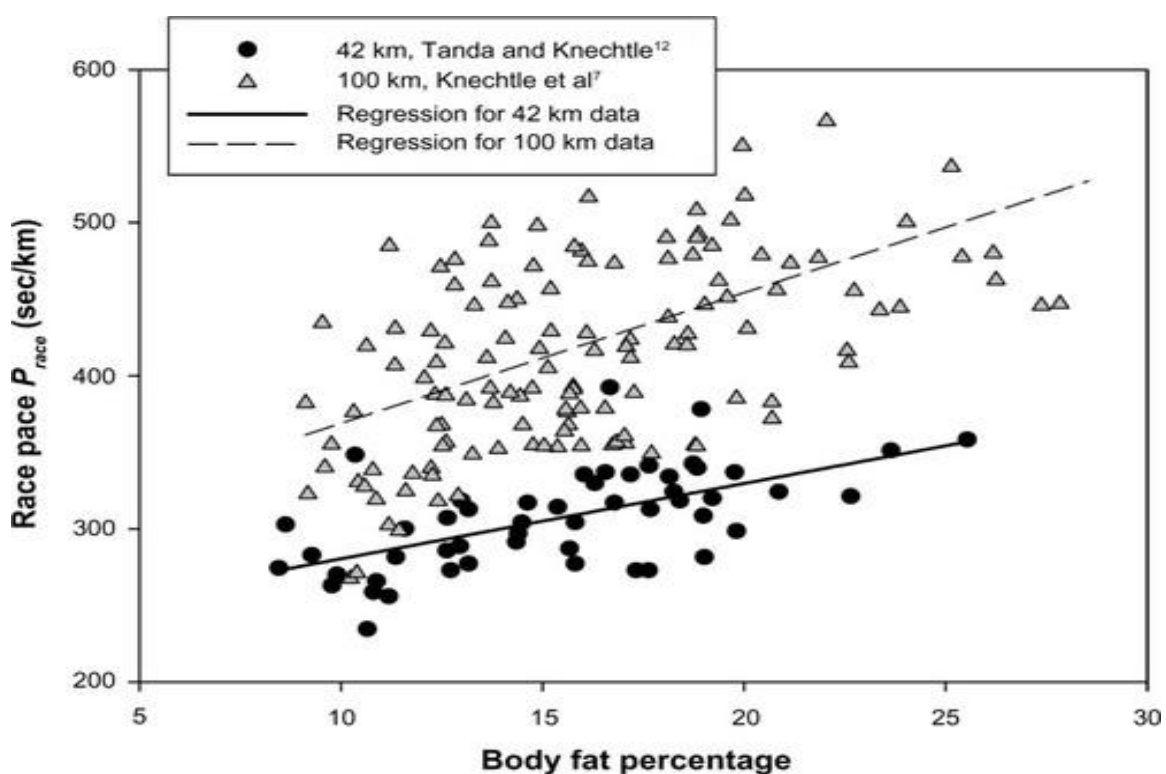
**Αερόβιο κατώφλι.** Μας δείχνει την τιμή της έντασης τρεξίματος, κατά το οποίο παρατηρείται μία αρχική αύξηση της συσσώρευσης γαλακτικού οξέως ή αλλαγή του αναπνευστικού ισοδύναμου, προς μεγαλύτερη χρήση υδατανθράκων. Θεωρητικά αυτή η ένταση μπορεί να διατηρηθεί για ώρες, επειδή βασική πηγή ενέργειας παραμένει το λίπος.

**Δρομική οικονομία.** Αυτός είναι και ο βασικός δείκτης που ξεχωρίζει έναν elite αθλητή από έναν μέτριο. Στην ουσία μας δείχνει τον ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας, για συγκεκριμένη τιμή ταχύτητας τρεξίματος. Για παράδειγμα όταν ένας αθλητής καταναλώνει 70 λίτρα οξυγόνο τρέχοντας με ταχύτητα 13 χλμ/ώρα σε ένα λεπτό και ένας άλλος 65, με την ίδια ταχύτητα, τότε βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο δεύτερος είναι πιο οικονομικός. Χρειάζεται δηλαδή λιγότερη ενέργεια για να κινηθεί το ίδιο χρόνο

με την ίδια ταχύτητα. Αυτό σημαίνει δύο πράγματα. Α) ότι θα ξοδέψει λιγότερη από την διαθέσιμη ενέργειά του στον αγώνα Β) ότι μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα του.

Μία έρευνα που συμπεριλάβαμε στην εργασία σκοπό είχε να διερευνήσει τις πιθανές συσχετίσεις ανθρωπομετρικών και προπονητικών μεταβλητών με την απόδοση σε αυτούς τους αγώνες τρεξίματος μεγάλων αποστάσεων.

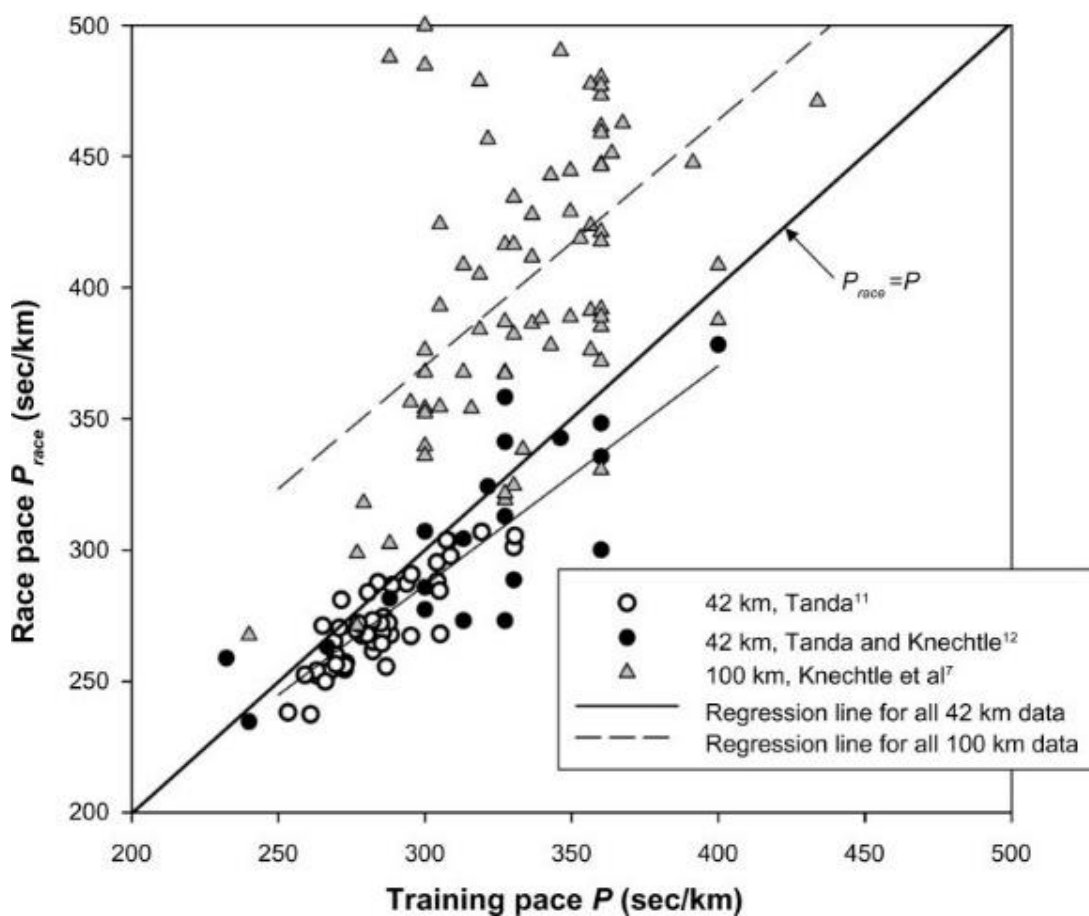
Μεταξύ των πολυάριθμων μεταβλητών που είναι διαθέσιμες για τις ομάδες δειγμάτων που περιλαμβάνονται σε κάθε βάση δεδομένων, η προσοχή επικεντρώθηκε στον όγκο και την ένταση της προπόνησης (δηλ. παράγοντες προπόνησης) και στο ΔΜΣ και στο ποσοστό σωματικού λίπους (δηλαδή, ανθρωπομετρικοί παράγοντες).



Σχήμα 1 σχέση ποσοστό λίπους με ρυθμό αγώνα

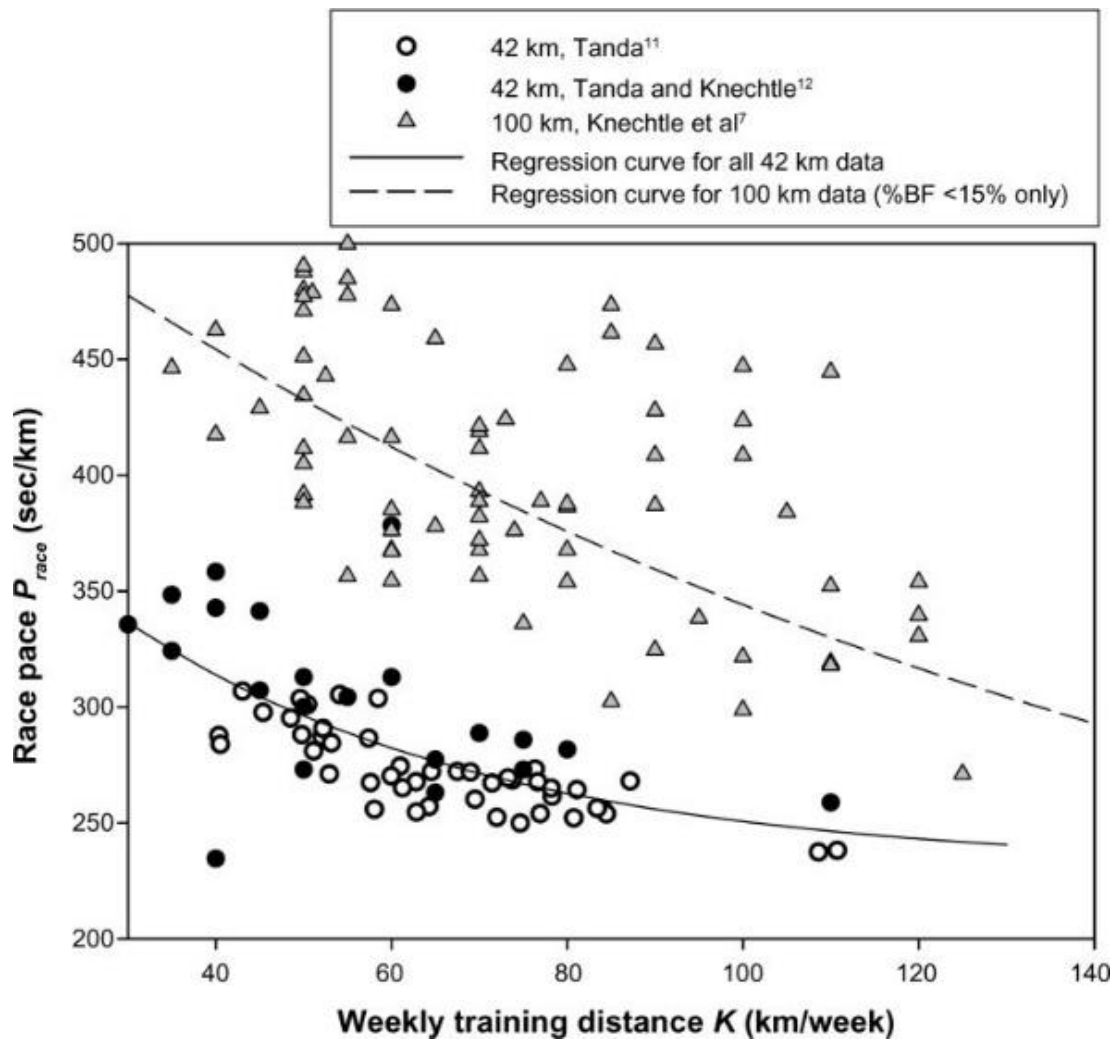
Προηγούμενες αναλύσεις που παρουσιάστηκαν στο Knechtle et al, Citation<sup>7</sup> Tanda, Citation<sup>11</sup> and Tanda and Knechtle Citation<sup>12</sup> έδειξαν ότι η μέση απόσταση προπόνησης ανά εβδομάδα  $K$  και ο μέσος ρυθμός προπόνησης  $P$  (ή ταχύτητα  $V$ ), που

καταγράφηκαν σε μια δεδομένη περίοδο (δηλαδή, 8 εβδομάδες ή 3 μήνες ) πριν από τον αγώνα, είχαν υψηλό βαθμό συσχέτισης με τον χρόνο τερματισμού του αγώνα (ή τον ρυθμό του αγώνα  $P_{race}$ ), με το ποσοστό σωματικού λίπους πριν από τον αγώνα (%BF) να εμφανίζεται ως ο κύριος ανθρωπομετρικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση του αγώνα. Έτσι, διενεργήθηκαν αναλύσεις διμεταβλητών εδώ για να βρεθεί μια πιθανή συσχέτιση των  $K$ ,  $P$  και %BF με τον ρυθμό αγώνα  $P_{race}$ .



Σχήμα 1.2 σχέση ρυθμού προπόνησης με αγωνιστικό ρυθμό.





Σχήμα 1.2 σχέση εβδομαδιαίου όγκου προπόνησης με ρυθμό αγώνα.

Το σχήμα 1.1 δείχνει τη σχέση μεταξύ του ρυθμού του αγώνα  $P_{race}$  (για αγώνες 42 km και 100 km) και της μέσης εβδομαδιαίας απόστασης προπόνησης  $K$ . Για τους μαραθωνοδρόμους, το  $K$  συσχετίστηκε σε μεγάλο βαθμό με το  $P_{race}$  μέσω μιας καμπύλης με τη μορφή εκθετικής μείωσης (συντελεστής συσχέτισης  $r=0,68$ ). Για τους υπερμαραθωνοδρόμους, η συσχέτιση μεταξύ  $K$  και  $P_{race}$  ήταν ασθενής. ένας υψηλός βαθμός συσχέτισης ( $r=0,73$ ) βρέθηκε μόνο όταν ελήφθησαν υπόψη δεδομένα για αθλητές με %BF < 15%.

Η σχέση μεταξύ του προπονητικού ρυθμού τρεξίματος  $P$  και του ρυθμού τρεξίματος του αγώνα  $P_{race}$  φαίνεται στο Σχήμα 1.2. Κατά τη διάρκεια του μαραθωνίου, η

ταχύτητα του αγώνα υπερέβαινε συνήθως την ταχύτητα της προπόνησης (δηλαδή,  $P_{race} > P$ ). το αντίθετο όμως βρέθηκε για τον υπερμαραθώνιο των 100 χιλμ..

Ο ρυθμός αγώνα που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των αγώνων 42 km και 100 km απεικονίζεται σε σχέση με %BF στο Σχήμα 1.3. Ο ρυθμός αγώνα έτεινε να αυξάνεται γραμμικά με %BF για μαραθωνοδρόμους και υπερμαραθωνοδρόμους. Εάν λαμβάνονταν υπόψη μόνο τα δεδομένα με %BF <15%, δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ %BF και του ρυθμού αγώνα για αγώνες 42 km ή 100 km.

Πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη των επιδράσεων της προπόνησης και των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών στην επίδοση σε μαραθώνιο και υπερμαραθώνιο. Επεξεργάστηκαν προπονητικά και ανθρωπομετρικά δεδομένα για ομάδες δειγμάτων μαραθωνοδρόμων και υπερμαραθωνοδρόμων. Τα κύρια ευρήματα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: η μέση εβδομαδιαία απόσταση προπόνησης  $K$  και ο μέσος ρυθμός προπόνησης  $P$  ήταν οι βασικές προγνωστικές μεταβλητές τόσο για τους χρόνους αγώνων μαραθωνίου όσο και υπερμαραθωνίου. τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά ως προς το %BF επηρέασαν αρνητικά τους χρόνους αγώνα 42 km και 100 km. Ωστόσο, όταν το %BF ήταν χαμηλότερο από την κρίσιμη τιμή του 15%, το %BF αποδείχθηκε ότι δεν συσχετίστηκε σημαντικά με την απόδοση του αγώνα. Η διμεταβλητή ανάλυση έδειξε ότι ο ρυθμός του αγώνα μαραθωνίου συσχετίστηκε πιο σημαντικά με τον ρυθμό προπόνησης παρά με τον όγκο προπόνησης. Αντίθετα, ο ρυθμός υπερμαραθωνίου συσχετίστηκε κυρίως με τον όγκο προπόνησης και λιγότερο με τον ρυθμό προπόνησης για άτομα που είχαν σχετικά χαμηλό επίπεδο σωματικού λίπους

Ωστόσο, δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια μελέτη που να συσχετίζει συγκεκριμένους φυσιολογικούς παράγοντες με την επίδοση σε πολύωρους αγώνες υπεραποστάσεων όπως ο 12ωρος. Για αυτό, ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να μελετήσει και να συσχετίζει τις εργαστηριακές τιμές των δρομέων με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και σε τελική ανάλυση με την επίδοσή τους.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 3.1 Εργαστηριακές Μετρήσεις – Όργανα μέτρησης

#### (I): Ανάστημα

Για τη μέτρηση του 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 kg 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 3.1). Ο υπολογισμός του ποσοστού του λίπους έγινε σύμφωνα με τις εξισώσεις των DurninandWomersley (1974).

#### (VI): Μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου

Για τη μέτρηση της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) οι δοκιμαζόμενοι ξεκίνησαν την προσπάθεια με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση από ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο 65%HRmax περίπου πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym runrace 1200, Italy) (Εικόνα 3.2). Κάθε 5 δοκιμασίες έγινε βαθμονόμηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου μετρώντας το χρόνο των 30 περιστροφών του ιμάντα 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 καθώς η ταχύτητα αυξανόταν κάθε 2 λεπτά 1 km.h<sup>-1</sup> μέχρι να μην μπορεί να ακολουθήσει ο δοκιμαζόμενος την ταχύτητα του ιμάντα 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 and Daniels, 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<sub>2</sub> και 17630 CO<sub>2</sub> 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 3l (Hans Rudolf 5530, KansasCity, MO) σε διαφορετικές ταχύτητες ροής αέρα.

Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν να προσέρχονται στο εργαστήριο μετά από τουλάχιστο 24 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<sub>2</sub>max ή αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου λιγότερο από 150ml στις τελευταίες ταχύτητες (McConnel, 1988; Taylor et al., 1955; Davis et al., 1984).
- Μέγιστη καρδιακή συχνότητα  $\pm 10$  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.

#### **(V): Καρδιακή συχνότητα.**

Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας έγινε σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας εύρεσης της VO<sub>2</sub>max. Ο δοκιμαζόμενος φορούσε γύρω από τον θώρακα ζώνη (Polar, Finland, Εικόνα 3.3) 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 ενσωματωμένο στο δαπεδοεργόμετρο. Με αυτόν τον τρόπο μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία της εργοσπιρομέτρησης αποθηκεύτηκε και η καρδιακή συχνότητα για μεταγενέστερη ανάλυση

#### **(IV): Ταχύτητα στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (vVO<sub>2</sub>max)**

Η ταχύτητα στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου καθορίστηκε από την ταχύτητα του δαπεδοεργόμετρου στη διάρκεια της δοκιμασίας VO<sub>2</sub>max 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<sub>2</sub> (πλατό)

τότε η  $v\dot{V}O_2\max$  ήταν χαμηλότερη από την τελική ταχύτητα μέτρησης (Σχήμα 3.3). Το κριτήριο για να θεωρηθεί ότι ο δοκιμαζόμενος έκανε πλατό στο τέλος της προσπάθειας ήταν αύξηση στην κατανάλωση οξυγόνου μικρότερη από 2ml/kgf/min με την προοδευτική αύξηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου (Billat et al., 1994).

### **Αναπνευστικό κατώφλι.**

Για τον εντοπισμό του αναπνευστικού ουδού (κατώφλι) χρησιμοποιήθηκαν δύο κριτήρια.: (1) συστηματική αύξηση στο αναπνευστικό ισοδύναμο του οξυγόνου ( $VE/\dot{V}O_2$ ) χωρίς να παρατηρηθεί αύξηση στο αναπνευστικό ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα ( $VE/\dot{V}CO_2$ ) (Davis, 1985); (2) στη γραφική παράσταση της σχέσης του όγκου του εκπνεόμενου αέρα ( $VE_{\text{std}}$ ) με την ταχύτητα τρεξίματος η προβολή του σημείου στο άξονα των ταχυτήτων όπου χάνεται η γραμμικότητα (Wasserman *et al.*, 1973).

### **3.2. Μέρος, μετρήσεις και δρομείς.**

Ο 12ωρος υπερμαραθώνιος εντός σταδίου πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μελέτης της ΣΕΦΑΑ στις εγκαταστάσεις του πανελλήνιου γυμναστικού συλλόγου. Οι δρομείς είχαν αξιολογηθεί εργομετρικά τουλάχιστον 4 ημέρες πριν τον αγώνα με σκοπό να εκτιμηθούν οι παράμετροι της καρδιοαναπνευστικής τους αντοχής. Κατά την διάρκεια του αγώνα (ανά 3 ώρες) έγιναν μετρήσεις του μεταβολισμού (ρυθμός κατανάλωσης ενεργειακών υποστρωμάτων), ενώ πραγματοποιήθηκαν και τρεις αιμοληψίες (πριν την εκκίνηση, στις 6 ώρες και με την ολοκλήρωση του αγώνα) για την αξιολόγηση επιλεγμένων βιοχημικών δεικτών. Επίσης έγινε υπερηχογράφημα πριν και μετά την προσπάθεια στον γαστροκνήμιο για τη μελέτη των δοκιμών αλλαγών του μυ. Ο αριθμός των υπερμαραθωνοδρόμων που χρησιμοποίησα για την παρούσα εργασία ήταν 10 (n=10). Οι ασκούμενοι ήταν άνδρες ηλικίας από 20-60 ετών και προϋπόθεση ήταν να έχουν συμμετάσχει σε τουλάχιστον άλλους 2 αγώνες υπερμαραθωνίου δρόμου (42,2km).

### **3.3 Χρονομέτρηση, υπολογισμός τελικής απόστασης.**

Για την χρονομέτρηση του αγώνα χρησιμοποιήθηκε το σύστημα race result (Germany) καθώς και για τον υπολογισμό της συνολικής απόστασης που διάνυσε ο κάθε δρομέας.

Ο στίβος όπου έτρεχαν οι αθλητές ήταν 394,0 μέτρα. Ο υπολογισμός της τελικής απόστασης έγινε πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των στροφών στον στίβο με το 394 και προσθέτοντας τα έξτρα μέτρα της τελευταίας στροφής που έκανε ο καθένας μετρημένα με τροχό μέτρησης απόστασης.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1), απεικονίζονται όλα τα στοιχεία από τους δρομείς που πάρθηκαν για την παρούσα εργασία. Συμπεριλαμβάνονται στοιχεία από τις εργαστηριακές μετρήσεις καθώς και τα στοιχεία από την ημέρα του αγώνα.

Στοιχεία πίνακα κατά σειρά: Επίδοση (dist), τιμή μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_2max$ ), ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη ( $vVO_2max$ ), ταχύτητα αναπνευστικού κατωφλιού (VT), ποσοστό των μέγιστων καρδιακών παλμών στην ταχύτητα των 12χιλιομέτρων την ώρα (%hrmaxστα12kmh), βάρος, ύψος, ηλικία και ποσοστό σωματικού λίπους.

Πίνακας 3.1 Ανθρωπομετρικά στοιχεία και στοιχεία εργομέτρησης δρομέων.

dist (km)	$VO_2max$ (ml/kg/min)	$vVO_2max$ (km/h)	VT(km/h)	%hrmax στα 12 kmh	βάρος(kg)	ύψος(cm)	ηλικία(έτη)	%λίπος
127,04	51,44	15,7	12	80	75,5	183,5	46	17,05
111,83	52,54	15,9	11	77	70,8	173	44	20,06
100,86	51,46	15,1	10	88	74,4	167	56	22,84
93,38	54,23	15,2	12	87	71,2	168	49	25,42
84,35	43,23	12,7	9	94	71,7	166,5	46	22,61
83,53	44,54	14,4	11	92	77,3	170,5	47	29,36
80,33	37,77	11,6	9	100	80,6	169,5	66	22,92
70,65	51,37	14,8	11	87	76,2	167	45	27,69
68,55	34,13	11,2	7,5	100	88,4	176	57	28,99
66,50	41,88	11,9	8	100	92	183	54	33,91

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο παρακάτω πίνακας (πίνακας 2) είναι το multiple correlations analysis μεταξύ των μεταβλητών που πήραμε από τον πίνακα 1 με όλα τα στοιχεία των δρομέων. Οι αριθμός σε κάθε κελί είναι ο συντελεστής συσχέτισης (r) μεταξύ των δύο στοιχείων που αντιστοιχούν στον οριζόντιο και κάθετο άξονα. Με κόκκινη σκίαση είναι οι σημαντικές συσχετίσεις ( $r > 0,7$ ) και έχουν θετικό πρόσημο ενώ με κίτρινη σκίαση αντίστοιχα είναι οι σημαντικές συσχετίσεις ( $r > 0,7$ ) και έχουν αρνητικό πρόσημο.

Παρατηρούμε πως στο ο συντελεστής συσχέτισης στο ποσοστό των μέγιστων καρδιακών παλμών στα 12 χιλιόμετρα την ώρα (%hrmax12k με την απόσταση κάλυψης είναι ( $r=0,82$ ). Αυτό μας δείχνει την μεγάλη σχέση που έχει ένας απλός παράγοντας στην πρόβλεψη της επίδοσης. Ωστόσο, ο παράγοντας με την μεγαλύτερη συσχέτιση με την απόσταση κάλυψης των δρομέων, είναι το ποσοστό του σωματικού λίπους ( $r=0,86$ ). Τρίτος κατά σειρά παράγοντας που συσχετίζεται με την επίδοση, είναι η ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη ( $vVO_2max$ ) με συντελεστή συσχέτισης ( $r=0,75$ ).

Πίνακας 4.1 Συσχετίσεις μεταξύ επιλεγμένων μεταβλητών.

Variables	dist (km)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	vVO <sub>2</sub> max(km/h)	VT(km/h)	%hrmax στα 12 kmh	βάρος(kg)
dist (km)						
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	0,64 *					
VO <sub>2</sub> max(km/h)	0,75 *	0,95 **				
VT(km/h)	0,68 *	0,86 **				
%hrmax στα 12 kmh	-0,82 **	-0,87 **	-0,95 **	-0,83 **		

βάρος(kg)	-0,63 *	-0,73 *	-0,75 *	-0,75 *	0,74 *	
ηλικία(έτη)	-0,36	-0,64 *	-0,68 *	-0,61	0,70 *	0,54
%λίπος	-0,86 **	-0,44	-0,52	-0,5	0,67 *	0,7

Note. M and SD are used to represent mean and standard deviation, respectively. Values in square brackets indicate the 95% confidence interval. The confidence interval is a plausible range of population correlations that could have caused the sample correlation (Cumming, 2014). \* indicates  $p < .05$ . \*\* indicates  $p < .01$ .

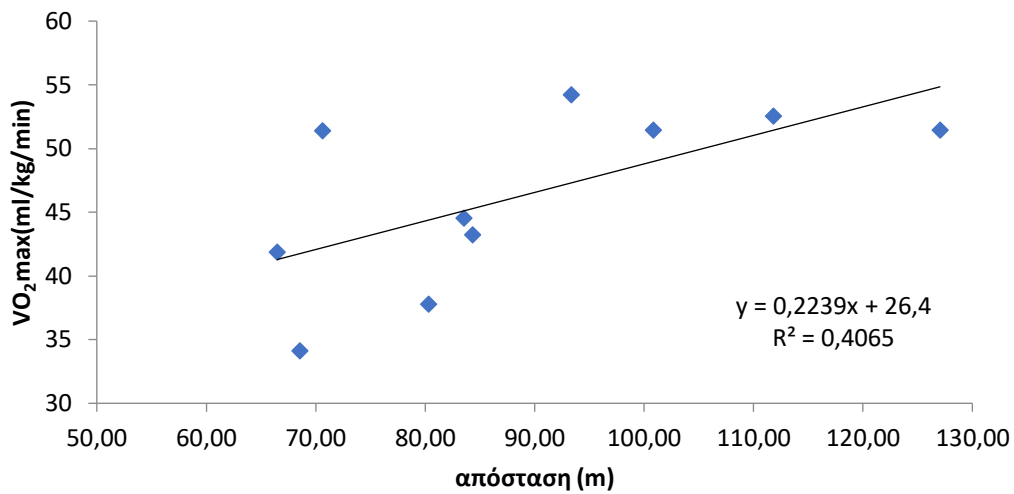
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται μία στατιστική ανάλυση των 9 παραμέτρων. Υπολογίστηκε η μέση τιμή καθώς και η τυπική απόκλισή τους.

Πίνακας 4.2: μέσων τιμών και τυπικών αποκλίσεων.

list	VO <sub>2</sub> max	vVO <sub>2</sub> max	VT	%hrmax				
				στα 12 kmh	βάρος	ύψος	ηλικία	%λίπος
88702,7	46,26	13,85	10,05	90,5	77,81	172,4	51	25,09
19763,5	6,94	1,81	1,61	8,22	7,24	6,44	7,07	4,99

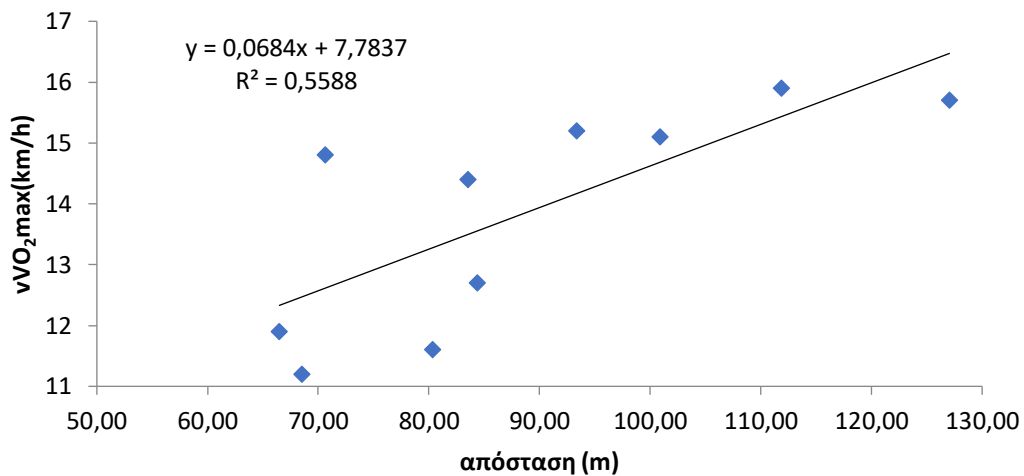
Το παρακάτω γράφημα (σχήμα 2.1) απεικονίζει την σχέση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου με την απόσταση. ( $R^2 = 0,40$ )





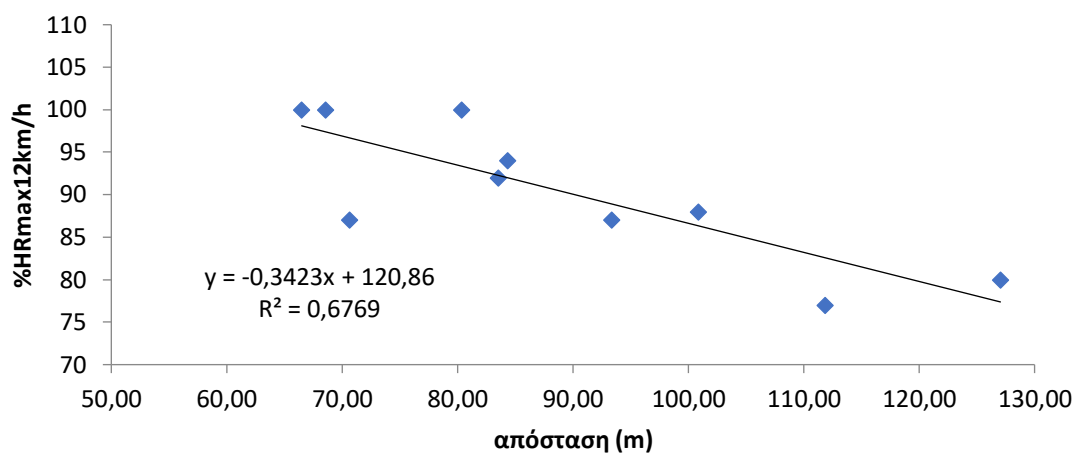
Σχήμα 4.1 / Γραφική απεικόνιση της σχέσης της μέγιστης πρόσληψης ( $VO_{2max}$ ) με την απόσταση.

σΤο δεύτερο γράφημα απεικονίζει την γραμμική σχέση μεταξύ της ταχύτητας στην μέγιστη πρόσληψη του κάθε δρομέα και της απόστασης που καλύφθηκε. ( $R^2 = 0,55$ )



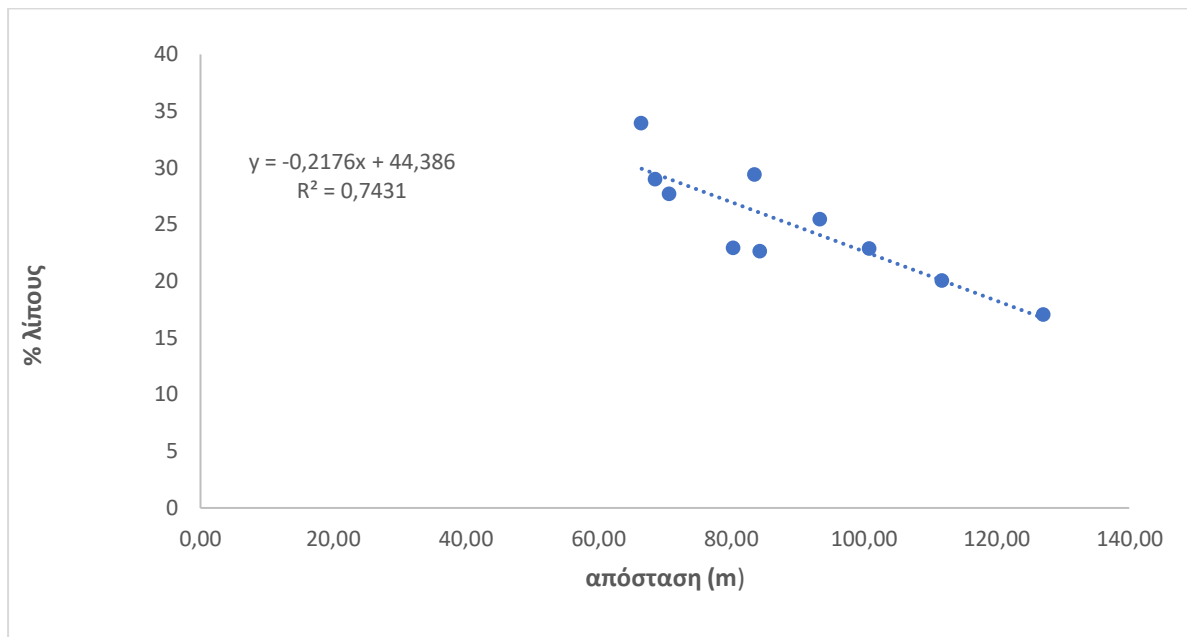
Σχήμα 4.2 Γραφική απεικόνιση της σχέσης της ταχύτητας στην μέγιστη πρόσληψη ( $vVO_{2max}$ ) με την απόσταση.

Η τρίτη γραφική απεικόνιση μας δείχνει της σχέση μεταξύ του ποσοστού των μέγιστων καρδιακών παλμών στα 12 χιλιόμετρα την ώρα (%HRmax12kmh) και την απόστασης. ( $R^2 = 0,67$ )



Σχήμα 4.3: Γραφική απεικόνιση της σχέσης του ποσοστού των μέγιστων καρδιακών παλμών στα 12 χιλιόμετρα την ώρα σε σχέση με την απόσταση.

Στην τελευταία γραφική απεικόνιση προβάλετε η σχέση του ποσοστού του λίπους με την απόσταση που κάλυψαν οι δρομείς. ( $R^2 = 0,74$ )



Σχήμα 4.4: Γραφική απεικόνιση της σχέσης του ποσοστού του σωματικού λίπους σε σχέση με την απόσταση.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά θα λέγαμε πως η επίδοση σε έναν υπερμαραθώνιο δρόμο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Κάποιους από αυτούς μπορούμε να τους μεταβάλουμε όπως πχ το σωματικό βάρος και η ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Είναι κάποιοι άλλοι παράγοντες ωστόσο που δεν μπορούμε να τους τροποποιήσουμε όπως οι καιρικές συνθήκες.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας, οι παράγοντες που μελετήσαμε και έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή στην επίδοση είναι το ποσοστό λίπους των δρομέων, το ποσοστό των καρδιακών παλμών σε μία προκαθορισμένη ταχύτητα των 12 χιλιομέτρων την ώρα και η ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη των δρομέων.

Συνοψίζοντας, ένας δρομέας υπεραποστάσεων που θέλει να βελτιώσει τις επιδόσεις του στους πολύωρους αυτούς αγώνες, θα πρέπει πέρα από τις εργαστηρικές μεταβλητές θα πρέπει να μειώσει το ποσοστό του σωματικού του λίπους. Το ποσοστό των μέγιστων καρδιακών παλμών σε υπομέγιστες εντάσεις

είναι παράγοντας που τροποποιείται με την προπόνηση και είναι αποτέλεσμα της βελτίωσης δρομικής οικονομίας. Σίγουρα όμως η βελτίωση των μεταβλητών της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και του αναπνευστικού κατωφλιού θα φέρουν επιπλέον βελτιώσεις στις επιδόσεις των δρομέων.

Είναι άξιο να σημειωθεί πως τελικά μεγαλύτερο ρόλο στην επίδοση στις υπεραποστάσεις παίζουν παράγοντες που μετριούνται εκτός εργαστηρίου όπως είναι το ποσοστό του λίπους και το ποσοστό των μέγιστων καρδιακών παλμών σε υπομέγιστες εντάσεις. Δηλαδή δεν απαιτείται η χρήση εργοσπιρομέτρησης για την όποια πρόβλεψη, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν είναι καθοριστικοί και αυτοί οι παράμετροι.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Tanda, G., & Knechtle, B. (2015). Effects of training and anthropometric factors on marathon and 100 km ultramarathon race performance. *Open access journal of sports medicine*, 129-136.

Davies, C. T. M., & Thompson, M. W. (1979). Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 41(4), 233-245.

Rontoyannis, G. P., Skoulis, T., & Pavlou, K. N. (1989). Energy balance in ultramarathon running. *The American journal of clinical nutrition*, 49(5), 976-979.

Garbisu-Hualde, A. & Santos-Concejero, J. (2020). What are the Limiting Factors During an Ultra-Marathon? A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of Human Kinetics*, 72(1) 129-139

Hawkins, M. N., Raven, P. B., Snell, P. G., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D. (2007). Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(1), 103–107.