

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΡΟΜΕΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΒΟΥΝΟΥ
ΚΑΙ ΔΡΟΜΟΥ

Του Βαβρίτσα Σωτηρίου

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

Εγκεκριμένη από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} επιβλέπων: Τσιόκανος Αθανάσιος, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ – ΠΘ

2^{ος} επιβλέπων: Τζιαμούρτας Αθανάσιος, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ – ΠΘ

3^{ος} επιβλέπων: Δελή Χαρίκλεια, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΤΕΦΑΑ – ΠΘ

Τρίκαλα 2021

© 2021

Βαβρίτσας Σωτήριος

ALL RIGHTS RESERVED

ii

Στην ανησυχία που όλο,
τρέχει
και τρέχει,
μα πάντα,
θα στέκει εδώ.

Πρόλογος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής και πρωτίστως τον κύριο επιβλέποντα, Καθηγητή κ. Τσιόκανο Αθανάσιο, για τη βοήθεια και την καθοδήγησή του σε όλες τις φάσεις της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Τζιαμούρτα Αθανάσιο και την Επίκουρη Καθηγήτρια Δελή Χαρίκλεια για τις παρατηρήσεις τους, ως μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να απευθύνω στο μέλος Ε.Ε.Π. Δρ. Τσιμέα Παναγιώτη για τη σημαντική βοήθεια που πρόσφερε στην ορθή διεξαγωγή των μετρήσεων στο Κέντρο Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ.

Θα ήταν παράλειψη να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο Διδάκτορα Πούλιο Αθανάσιο και στον υποψήφιο Διδάκτορα Παπανικολάου Κωνσταντίνο για την εκμάθηση των δοκιμασιών μέτρησης και την εξοικείωσή μου με τον εργαστηριακό εξοπλισμό.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες απευθύνω στους δρομείς για τη συμμετοχή τους στην παρούσα έρευνα, που χωρίς αυτούς δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίησή της.

έτεῖ δὲ οὐδὲν ἴδμεν:

ἐν βυθῷ γὰρ ἡ ἀλήθεια.

«Στην πραγματικότητα τίποτε δεν ξέρουμε. Η αλήθεια
βρίσκεται σε βάθος.»

Δημόκριτος 460 π.Χ. – 370 π.Χ.

Περίληψη

Βαβρίτσας Σωτήριος: Φυσιολογικά χαρακτηριστικά δρομέων μεγάλων αποστάσεων βουνού και δρόμου.

(Υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Τσιόκανου Αθανάσιου)

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογηθούν τα ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά δρομέων μεγάλων αποστάσεων βουνού και δρόμου. Στην έρευνα συμμετείχαν 30 άνδρες δρομείς μεγάλων αποστάσεων ηλικίας 25 - 45 ετών. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, τη μία ομάδα αποτελούσαν 16 δρομείς μεγάλων αποστάσεων δρόμου και τη δεύτερη ομάδα 14 δρομείς μεγάλων αποστάσεων βουνού από συλλόγους δρομέων μαζικού αθλητισμού από τους νομούς Τρικάλων, Λάρισας και Λαμίας. Οι συμμετέχοντες και των δύο ομάδων είχαν 5 χρόνια τουλάχιστον προπονητική εμπειρία, καλή φυσική κατάσταση και συχνότητα προπόνησης τουλάχιστον 4 φορές/εβδομάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) μεταξύ των δρομέων στα ανθρωπομετρικά και στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά, δεν υπήρξε διαφορά στη σύσταση σώματος, στη καρδιοαναπνευστική ικανότητα, στην ευλυγισία, στη δύναμη και ισχύ των κάτω άκρων. Ωστόσο, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) στις προπονητικές μονάδες την εβδομάδα (TU/w) μεταξύ των 2 ομάδων (οι δρομείς δρόμου πραγματοποιούσαν $7 \pm 1,82$ TU/w έναντι $5,86 \pm 1,02$ TU/w των δρομέων βουνού). Η ανάλυση συσχέτισης αποκάλυψε μέτριους συντελεστές συσχέτισης ($r = 0,38 - 0,61$) μεταξύ των παραμέτρων της ισοκίνησης και των δοκιμασιών ισχύος.

Λέξεις κλειδιά: καρδιοαναπνευστική ικανότητα, σύσταση σώματος, ευλυγισία, δύναμη και ισχύς κάτω άκρων, δρομείς μεγάλων αποστάσεων.

Abstract

Vavritsas Sotirios: Physiological characteristics of long-distance mountain and road runners.

(Under the supervision of Professor Tsiokanos Athanasios)

The aim of this study was to examine the anthropometric and physiological characteristics of mountain and road long-distance runners. In the study participated 30 male long-distance runners aged 25 – 45 yrs. The participants divided into two groups, 16 road long-distance runners and 14 mountain long-distance runners from associations of local sports runners from the prefectures of Trikala, Larissa, and Lamia. The runners of two groups had 5 years of training experience, good physical fitness, and training frequency at least 4 times/week. The results showed that there was no statistical difference ($p>0.05$) between runners in anthropometric and physiological characteristics. In more detail, there was no difference in body composition, in cardiovascular endurance, in flexibility, in strength and power of lower extremities. However, there was a statistically significant difference ($p<0.05$) in training units per week (TU/w) between of 2 teams, road runners performing 7 ± 1.82 TU/w against 5.86 ± 1.02 TU/w mountain runners. A correlation analysis revealed moderate correlation coefficients ($r= 0.36 - 0.61$) between the isokinetic and power tests parameters.

Keywords: cardiovascular endurance, body composition, flexibility, strength and power of lower extremities, long-distance runners.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Πίνακας περιεχομένων	vii
Λίστα πινάκων.....	viii
Λίστα συντομογραφιών.....	ix
I. Εισαγωγή.....	1
1.1 Σκοπός της έρευνας.....	7
Λειτουργικοί ορισμοί.....	8
Περιορισμοί - οριοθετήσεις της έρευνας.....	9
Ερευνητικές υποθέσεις.....	9
Μηδενικές υποθέσεις.....	10
II. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	12
2.1 Αξιολόγηση φυσικής κατάστασης.....	12
2.2 Αξιολόγηση και σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών δρομέων δρόμου.....	13
2.3 Αξιολόγηση και σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών δρομέων βουνού.....	23
2.4 Αξιολόγηση και σύγκριση χαρακτηριστικών δρομέων βουνού και δρόμου.....	26
2.5 Αξιολόγηση και σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών ατομικών αθλημάτων βουνού και δρόμου.....	30
III. Μεθοδολογία.....	32
3.1 Συμμετέχοντες.....	32
3.2 Περιγραφή οργάνων.....	32
3.3 Διαδικασία μετρήσεων.....	33
3.4 Στατιστική ανάλυση.....	36
IV. Αποτελέσματα.....	37
4.1 Αποτελέσματα ανθρωπομετρικών και προπονητικών χαρακτηριστικών.....	37
4.2 Αποτελέσματα φυσιολογικών χαρακτηριστικών.....	37
4.3 Συσχετίσεις μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.....	41
V. Συζήτηση – Συμπεράσματα.....	42
VI. Βιβλιογραφία.....	49

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά φυσικής κατάστασης δρομέων δρόμου	21
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά φυσικής κατάστασης δρομέων βουνού	25
Πίνακας 3. Ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά του δείγματος	37
Πίνακας 4. Σύσταση σώματος	38
Πίνακας 5. Καρδιοαναπνευστική αντοχή	39
Πίνακας 6. Ευλυγισία	39
Πίνακας 7. Κατακόρυφη αλτική ικανότητα	40
Πίνακας 8. Ισοκινητική αξιολόγηση	40
Πίνακας 9. Συσχετίσεις μεταξύ αλμάτων και ισοκίνησης	41

Λίστα συντομογραφιών

- SJ: Άλμα από ημικάθισμα
- CMJ: Άλμα με προδιάταση
- LM: Μυϊκή μάζα
- %BF: Ποσοστό λίπους
- FM: Λιπώδης μάζα
- FFM: Άλιπη μυϊκή μάζα
- LegLM: Μυϊκή μάζα κάτω άκρων
- %LM: Ποσοστό μυϊκής μάζας
- BMD: Οστική πυκνότητα
- BMC: Οστική μάζα
- LBMD: Οστική πυκνότητα κάτω άκρων
- LBMC: Οστική μάζα κάτω άκρων
- H/Q: Αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων
- f-H/Q: Λειτουργική αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων
- Km/w: Χιλιόμετρα ανά εβδομάδα
- TU/w: Προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα

I. Εισαγωγή

Το τρέξιμο είναι μια αερόβια δραστηριότητα, έχει ευεργετικά αποτελέσματα σε μια σειρά βιολογικών δεικτών υγείας και συνδέεται με μειωμένο κίνδυνο πολλών χρόνιων ασθενειών (Bean, 2018; Koller, Sumann, Schobersberger, Hoertnagl, & Haid, 2006; Li et al., 2021; Messier et al., 2008; Ramos-Campo et al., 2016). Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή άσκησης για την ανάπτυξη της αερόβιας ικανότητας, τόσο στο μαζικό όσο και στον αγωνιστικό αθλητισμό (Bean, 2018; Dar, Waddington, Stern, Dotan, & Steinberg, 2020; Millet et al., 2011; Scheer, Ramme, Reinsberger, & Heitkamp, 2018). Όσον αφορά στον αγωνιστικό αθλητισμό, δύο από τις σημαντικότερες κατηγορίες διοργανώσεων είναι οι αγώνες μεγάλων και μεσαίων αποστάσεων σε διαφορετικά εδάφη, όπως είναι οι αγώνες δρόμου και οι αγώνες βουνού. Στους αγώνες δρόμου είναι γνωστό ότι ο αριθμός των ετήσιων αγώνων έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες (Alvero-Cruz et al., 2020; Nikolaidis, Del Coso, Rosemann, & Knechtle, 2019; Ogueta-Alday, Morante, Gomez-Molina, & Garcia-Lopez, 2018; Piacentini et al., 2013; Ramos-Campo et al., 2016; Tanda & Knechtle, 2015) με τους πολυπληθέστερους και πιο δημοφιλείς να είναι η απόσταση των 5 χλμ. (Ogueta-Alday et al., 2018), των 10 χλμ. (Vernillo et al., 2017), του ημιμαραθωνίου και του μαραθώνιου δρόμου (Li et al., 2021; Zillmann et al., 2013). Ο μαραθώνιος είναι ένας αγώνας αντοχής δρόμου με επίσημη απόσταση 42.195 m (Harm et al., 2013), έχει την υψηλότερη δημοτικότητα και προσφέρει ευκαιρίες για αγώνες σε αστικό περιβάλλον για όλα τα επίπεδα αθλητών (Bean, 2018; Gordon et al., 2017; Makropoulos, Gdonteli, Perrea, & Kipreos, 2017; Ogueta-Alday et al., 2018). Ο ημιμαραθώνιος (21.097,5 m) έχει τη μεγαλύτερη μαζική συμμετοχή (Zillmann et al., 2013), με την πλειοψηφία των δρομέων να είναι ερασιτέχνες και το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων να είναι άνω των 35 ετών (Piacentini et al., 2013). Επίσης, τα τελευταία χρόνια και το ορεινό τρέξιμο έχει αυξήσει τη δημοτικότητά του (Balducci et al., 2016; Bean, 2018; Harm et al., 2013; Melo et al., 2020; Oliveira-Rosado et al., 2020; Scheer et al., 2018; Scheer, Vieluf, Janssen, & Heitkamp, 2019; Zingg, Knechtle, Rust, Rosemann, & Lepers, 2013) και έχει γίνει μια δημοφιλής εναλλακτική λύση αναφορικά με το τρέξιμο στο δρόμο, με το πολυπληθέστερο αγώνισμα στους ερασιτέχνες δρομείς να είναι οι ημιμαραθώνιοι βουνού (Rousanoglou et al., 2016). Ο Zingg και οι συνεργάτες του (2013) αναφέρουν ότι ο αριθμός των γυναικών συμμετεχόντων ηλικίας άνω των 35 ετών αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία

χρόνια. Οι αγώνες βουνού διακρίνονται σε αγώνες ανάβασης (Vertical), αγώνες κατάβασης (Downhill) και αγώνες ανάβασης/κατάβασης και πραγματοποιούνται σε ορεινά εδάφη από μέτριο έως υψηλό υψόμετρο (Carlsohn & Muller, 2014; Harm et al., 2013). Παράλληλα, το ορεινό τρέξιμο περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα αποστάσεων από μικρές (10km) έως εξαιρετικά μεγάλες (>100km) (Oliveira-Rosado et al., 2020), με τους πιο δημοφιλείς να είναι από 42km και άνω (Melo et al., 2020). Υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα πραγματοποιούνται κάθε χρόνο πάνω από 110 ορεινοί αγώνες και πάνω από 200 αγώνες δρόμου (Μακροπουλος et al., 2017).

Το τρέξιμο στο βουνό διαφέρει από εκείνο του δρόμου και περιλαμβάνει μεγάλες αναβάσεις και καταβάσεις (Alvero-Cruz et al., 2019), πραγματοποιείται σε φυσικά μονοπάτια και μεταβλητό έδαφος, που πολλές φορές γίνεται ολισθηρό, βραχώδες και απότομο (Best & Braun, 2017; Rogers, 2017; Vernillo et al., 2016). Το τρέξιμο στο δρόμο αποτελείται κυρίως από επίπεδες σκληρές επιφάνειες όπως η άσφαλτος, το σκυρόδεμα (Bean, 2018) και το πλακόστρωτο, και χαρακτηρίζεται από έναν επαναλαμβανόμενο και συνεχόμενο κύκλο διάτασης-βράχυνσης (Li et al., 2020). Το ορεινό τρέξιμο συνήθως περιλαμβάνει έναν συνδυασμό τρεξίματος και περπατήματος (Best & Braun, 2017) με ακραίες μεταβολές στην υψομετρική διαφορά (Vernillo et al., 2016). Ακόμη, με την ποικιλομορφία του εδάφους εμφανίζονται έντονες και παρατεταμένες ομόκεντρες και έκκεντρες συστολές επιπλέον των αντίστοιχων στις επίπεδες επιφάνειες (Scheer et al., 2018). Επιπλέον, το ορεινό τρέξιμο περιλαμβάνει περισσότερες έκκεντρες συσπάσεις των μυών, που μπορούν να προκαλέσουν μυϊκή βλάβη (Fornasiero et al., 2018; Ramos-Campo et al., 2016), ενεργοποιεί τους γλουτιαίους (Scheer et al., 2018), τους εκτείνοντες του γόνατος και τους πελματιαίους καμπτήρες σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι το τρέξιμο σε επίπεδο έδαφος, με αποτέλεσμα την πρόωρη κόπωση των μυών αυτών (Billat, Hill, Pinoteau, Petit, & Koralsztein, 1996; Lazzer et al., 2015). Η μέση ταχύτητα στους ορεινούς αγώνες είναι πολύ πιο χαμηλή από ό,τι σε αγώνες δρόμου, με τη διαφορά να αγγίζει το 50% έως 75%, μικρότερη σε σύγκριση με τον αναμενόμενο χρόνο τερματισμού σε επίπεδο αγώνα της ίδιας απόστασης (Carlsohn & Muller, 2014). Επιπρόσθετα, έχει αναφερθεί ότι η δρομική ταχύτητα μειώνεται κατά 0,1 έως 0,3 km/h για κάθε 1% αλλαγή στην κλίση, κάτι που οδηγεί σε σημαντικές εμβιομηχανικές, νευρομυϊκές και φυσιολογικές προσαρμογές (Vernillo et al., 2017). Εκτός απ' αυτά, το ενεργειακό κόστος της κίνησης (CR) αυξάνεται σημαντικά στο ανώμαλο έδαφος σε σύγκριση με το τρέξιμο στο δρόμο (Lazzer et al., 2015; Rogers, 2017), με τη διαφορά αυτή να αγγίζει

έως και το 26% (Creagh & Reilly, 1997). Επομένως, οι μεγάλες αποστάσεις είναι μία από τις πιο επίπονες δραστηριότητες, προκαλώντας ένα ευρύ φάσμα μεταβολικών αλλαγών, όπως είναι οι μικροτραυματισμοί στους μυς και σε άλλους ιστούς (Ramos-Campo et al., 2016). Επίσης, συνδυάζουν σε παρατεταμένη διάρκεια έκκεντρες συστολές και μια σχετικά υψηλή ένταση άσκησης (Wiewelhove et al., 2018), ενώ τα χαρακτηριστικά του τρόπου τρεξίματος επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες (Creagh & Reilly, 1997).

Από όλα τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η δημοτικότητα των αγώνων στο δρόμο (Li et al., 2020; Nikolaidis et al., 2019) και στο βουνό οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου πεδίου πειραματισμού στις αθλητικές επιστήμες (Balducci et al., 2016; Balducci, Clemenson, Trama, Blache, & Hautier, 2017; Vernillo et al., 2017). Στη βιβλιογραφία η αθλητική απόδοση περιλαμβάνεται στις έρευνες για πάνω από τρεις δεκαετίες (Luiselli, Woods, & Reed, 2011). Η αθλητική απόδοση βασίζεται σε μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση φυσιολογικών, εμβιομηχανικών, ψυχολογικών και προπονητικών (Alvero-Cruz et al., 2020), παραγόντων (Beattie, Kenny, Lyons, & Carson, 2014). Αξίζει να σημειωθεί ότι η απόδοση εξαρτάται και από εξωτερικούς παράγοντες που είναι οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες (Blagrove, Howatson, & Hayes, 2018). Όσο αυξάνεται το υψόμετρο οι αθλητές καλούνται να αντιμετωπίσουν ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως είναι η εντονότερη ηλιακή ακτινοβολία, η μείωση της βαρομετρικής πίεσης, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας του οξυγόνου (Salah, Verla, & Tonga, 2012). Ιδιαίτερα, η χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου οδηγεί τον αθλητή σε υποξία, η οποία έχει σοβαρή επίπτωση στην απόδοση και στην υγεία του ανθρώπου (Salah et al., 2012). Οι φυσιολογικοί παράγοντες της φυσικής κατάστασης θεωρούνται ότι παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στο αποτέλεσμα της αθλητικής απόδοσης (Demirkan, Can, & Arslan, 2016; Nikolaidis, Rosemann, & Knechtle, 2018; Trehearn & Buresh, 2009) και είναι διαφορετικοί ανάλογα με το είδος της προπόνησης και του αθλήματος (Gianoli et al., 2012; Siqueira, Pelegrini, Fontana, & Greve, 2002).

Ο κύριος περιοριστικός παράγοντας στην αερόβια απόδοση θεωρείται η καρδιοαναπνευστική ικανότητα (Beattie et al., 2014; Blagrove et al., 2018). Οι πιο σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν σε μέγιστο βαθμό την καρδιοαναπνευστική αντοχή είναι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max), η δρομική οικονομία (RE) και η ικανότητα διατήρησης για μεγάλη χρονική διάρκεια υψηλού ποσοστού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\%VO_2max$) (Berryman et al., 2018; Costill, Thomason, & Roberts, 1973; Mikkola, Rusko, Nummela, Pollari, & Hakkinen, 2007; Sundby & Gorelick, 2014). Η VO_2max είναι ο

μέγιστος όγκος οξυγόνου που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου (Καρατζαφέρη et al., 2015). Υπάρχει πληθώρα μελετών που διερευνούν το ρόλο της VO_2max με την απόδοση των μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων (Beattie, Carson, Lyons, Rossiter, & Kenny, 2017). Η βιβλιογραφία έχει δείξει ισχυρή σχέση ανάμεσα στην VO_2max με τις μεσαίες αποστάσεις ($r = 0,75$) και τις μεγάλες αποστάσεις ($r = 0,78$) (Beattie et al., 2017). Συγκεκριμένα, στην έρευνα του Costill και των συνεργατών του (1973), βρέθηκε ισχυρή συσχέτιση ($r = 0,91$) με την απόδοση αγώνα των 10 μιλίων (16.093 m). Η RE ορίζεται συνήθως ως η σχέση μεταξύ κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) και δρομικής ταχύτητας (Dumke, Pfaffenroth, Bride, & McCauley, 2010). Επομένως, οι δρομείς με χαμηλότερη VO_2 σε μια δεδομένη ταχύτητα θα ήταν πιο οικονομικοί από τους δρομείς με υψηλότερη VO_2 . Κατά συνέπεια δρομείς με παρόμοια VO_2max μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στην απόδοση επειδή μπορεί να έχουν διαφορετική RE (Mooses et al., 2013B). Η σχέση μεταξύ RE και απόδοσης είναι καλά τεκμηριωμένη, με πολλές ανεξάρτητες έρευνες να δείχνουν ισχυρή σχέση μεταξύ τους (Saunders et al., 2006). Επιπρόσθετα, οι παραπάνω τρεις παράγοντες εξηγούν πάνω από το 70% της απόδοσης στις μεγάλες αποστάσεις (Berryman et al., 2018; Mooses et al., 2013B) και συλλογικά αυτοί οι παράγοντες μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια πάνω από το 95% την απόδοση σε αγώνα 16 χλμ. σε καλά προπονημένους δρομείς (Blagrove et al., 2018). Ωστόσο, για τους ελίτ αθλητές η RE και η ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (vVO_2max) θεωρούνται οι καλύτεροι και οι πιο αξιόπιστοι φυσιολογικοί δείκτες απόδοσης (Grivas, 2020; Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999).

Εκτός από την αερόβια ικανότητα άλλος φυσιολογικός παράγοντας που επηρεάζει την αθλητική απόδοση είναι η δύναμη (Lanferdini, Silva, Machado, Fischer, & Peyre-Tartaruga, 2020; Paavolainen, Nummela, & Rusko, 2000; Riera, Drobic, Galilea, & Pons, 1994; Yamamoto et al., 2008). Πιστεύεται ότι οι βασικοί δείκτες απόδοσης εξαρτώνται εν μέρει από το νευρομυϊκό σύστημα (Beattie et al., 2014). Μία τεχνική για τη βελτίωση της νευρομυϊκής αποδοτικότητας στους δρομείς είναι μέσω την μυϊκής ενδυνάμωσης (Beattie et al., 2014). Είναι μια παράμετρος της φυσικής κατάστασης που προσφέρει πολλαπλά οφέλη σε όλα τα επίπεδα αθλητών και ειδικά στους ερασιτέχνες δρομείς (Nassis et al., 2020; Nikolaidis et al., 2019). Κατά τη διάρκεια του τρεξίματος παρατηρείται σημαντική ενεργοποίηση των μυών και ειδικά των κάτω άκρων (Messier et al., 2008). Μελέτες αναφέρουν ότι η τοπική έκκεντρα (Nassis et al., 2020) και ομόκεντρα αντοχή των

εκτεινόντων/καμπτήρων του γόνατος και καμπτήρων του ισχίου βοηθούν στη διατήρηση της μηχανικής του τρεξίματος, καθυστερώντας τις κινηματικές αλλαγές που σχετίζονται με τη κόπωση (Sundby & Gorelick, 2014). Παλαιότερα, οι δρομείς ήταν διστακτικοί στην προπόνηση δύναμης (Yamamoto et al., 2008), λόγω ανησυχιών για πιθανές αρνητικές παρενέργειες όπως είναι η αύξηση της σωματικής μάζας που με τη σειρά του θα επηρέαζε αρνητικά την απόδοση (Beattie et al., 2017). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια υπάρχουν πολλά θετικά στοιχεία που υποδεικνύουν ότι όταν ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης σχεδιάζεται και υλοποιείται κατάλληλα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στους φυσιολογικούς παραμέτρους (Mikkola et al., 2007; Piacentini et al., 2013). Συγκεκριμένα, βρέθηκαν βελτιώσεις στην RE και στην $\dot{V}O_2\max$ μετά την παρέμβαση προπόνησης δύναμης (Beattie et al., 2014; Saunders et al., 2006; Yamamoto et al., 2008). Οι αθλητές μεγάλων αποστάσεων εφαρμόζουν την προπόνηση δύναμης αντικαθιστώντας ένα ποσοστό του συνολικού όγκου της αερόβιας προπόνησης ή με την προσθήκη της προπόνησης δύναμης στο συνολικό όγκο της αερόβιας προπόνησης. Οι κύριες μορφές δύναμης που εφαρμόζουν οι δρομείς είναι η μέγιστη δύναμη με τη μέθοδο της μυϊκής υπερτροφίας (Blagrove et al., 2018; Piacentini et al., 2013) και η ταχυδύναμη με τη μέθοδο των εκρηκτικά εκτελούμενων επαναλήψεων και την πλειομετρική μέθοδο (Paavolainen et al., 1999; Saunders et al., 2006; Yamamoto et al., 2008). Επίσης, ένα άλλο είδος προπόνησης που χρησιμοποιείται από τους δρομείς είναι η άσκηση σε υψόμετρο (Dumke et al., 2010), το τρέξιμο σε ανηφορικό (Ferley, Osborn, & Vukovich, 2014; Grivas, 2020), και κατηφορικό έδαφος (Sundby & Gorelick, 2014). Επιπλέον, εκτός από την βελτίωση της αθλητικής απόδοσης η δύναμη και η ισχύς (Riera et al., 1994), είναι δύο σημαντικά συστατικά της φυσικής κατάστασης που σχετίζονται με την υγεία (Nikolaidis et al., 2018) και με την πρόληψη τραυματισμών (Koller et al., 2006). Ειδικότερα, η μυϊκή ισχύς βοηθάει στη μείωση της μυϊκής κόπωσης, στους μικροτραυματισμούς των ιστών των κάτω άκρων, και στα συμπτώματα του παρατεταμένου τρεξίματος που σχετίζονται με τη μείωση της απόδοσης κατά τη διάρκεια του τρεξίματος (Lazzer et al., 2015).

Εκτός από την αερόβια ικανότητα και τη δύναμη, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά είναι σημαντικά για την απόδοση (B. Knechtle, P. Knechtle, & Rosemann, 2010; Mooses et al., 2013A; Zillmann et al., 2013). Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες που αναφέρουν τη μεγάλη σημασία της σύστασης σώματος και των μορφολογικών χαρακτηριστικών των δρομέων μεγάλων αποστάσεων (Gianoli et al., 2012; Knechtle & Rosemann, 2009). Συγκεκριμένα, το χαμηλότερο σωματικό

λίπος συσχετίστηκε με ταχύτερους χρόνους σε αγώνες μεγάλων αποστάσεων (Carlsohn & Muller, 2014; Rust, B. Knechtle, P. Knechtle, & Rosemann, 2012). Επιπλέον, αναδείχθηκε σχέση μεταξύ των περιφερειών των άνω και κάτω άκρων με την απόδοση στις αποστάσεις των 800 m έως και πάνω από 300 χλμ. (Knechtle & Rosemann, 2009). Έχει αποδειχθεί ότι αν προστεθεί ένα επιπλέον βάρος στα κάτω άκρα αυξάνεται η ενεργειακή δαπάνη κατά 10% απ' ό,τι αν το ίδιο ποσό βάρους προστεθεί στο κορμό (Mooses et al., 2013B). Επίσης, το μειωμένο άθροισμα του πάχους των δερματοπτυχών θεωρείται σύμφωνα με τον Zillmann και τους συνεργάτες του (2013), από τους καλύτερους παράγοντες απόδοσης στα 10 χλμ.. Επίσης, το ανάστημα και ο δείκτης μάζας σώματος (BMI) έχουν σημαντική επίδραση στην αθλητική απόδοση των αγώνων βουνού στους άνδρες (Alvero-Cruz et al., 2019; Salah et al., 2012). Αντίθετα, το υψηλό ποσοστό λίπους μειώνει την απόδοση και αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη, σε αντίθεση με την άλιπη σωματική μάζα (Mooses et al., 2013B; Svantesson, Zander, Kingberg, & Slinde, 2008) Ειδικότερα, σε μία πειραματική μελέτη των Carlsohn και Muller (2014), ένα επιπλέον 7,5% του βάρους είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση κατά 30% της απόδοσης. Από την άλλη πλευρά πρέπει να υπάρχει μία βέλτιστη σύνθεση σώματος για το κάθε άθλημα, επειδή έχει αποδειχθεί ότι ένα χαμηλό ποσοστό λίπους επίσης μειώνει την απόδοση (Svantesson et al., 2008).

Επίσης, η ευλυγισία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την μεταβλητότητα της αερόβιας απόδοσης (Dumke et al., 2010; Trehearn & Buresh, 2009). Είναι γενικά αποδεκτό ότι η υγεία σχετίζεται με τα στοιχεία της φυσικής κατάστασης (Holt, Pelham, & Burke, 1999). Τα τελευταία χρόνια τα άτομα που θέλουν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους έχουν εντάξει στο πρόγραμμά τους εκτός από τις ασκήσεις ευλυγισίας την αερόβια και την προπόνηση δύναμης. Έχει βρεθεί ότι η μειωμένη ευλυγισία σχετίζεται με μεγαλύτερα φορτία στην άρθρωση του γονάτου με κίνδυνο τον τραυματισμό της (Massier et al., 2008). Ωστόσο, οι ειδικές ασκήσεις που έχουν σχεδιαστεί για να βελτιώσουν τη δύναμη και την αερόβια ικανότητα τείνουν να μειώνουν την ευλυγισία (Holt et al., 1999). Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα ανάμεσα στη σχέση της ευλυγισίας και της RE (Trehearn & Buresh, 2009). Έχει αποδειχθεί ότι η ευλυγισία σχετίζεται αρνητικά με τη RE (Jones, 2002), οι δρομείς που έδειξαν μικρότερες τιμές ευλυγισίας ήταν πιο οικονομικοί σε ένα υπομέγιστο τεστ κοπώσεως. Δεν συνέβη όμως το ίδιο στην μελέτη του Dumke και των συνεργατών του (2010), που διαπίστωσε ότι δεν υπήρχε σχέση μεταξύ ευλυγισίας και RE. Επίσης, και στην έρευνα του Nikolaidis και των συνεργατών του (2018), βρέθηκε ότι η ευλυγισία δεν

συσχετίζεται με την απόδοση του αγώνα. Έτσι γίνεται φανερό ότι, αν και η ευλυγισία δεν σχετίζεται με την απόδοση (Nikolaidis et al., 2019; Sundby & Gorelick, 2014), πρέπει να υπάρχει ένα βέλτιστο εύρος ευλυγισίας επειδή η ακαμψία έχει συσχετιστεί αρνητικά με τους τραυματισμούς (Craib et al., 1996; Dar et al., 2020).

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι οι περισσότερες μελέτες αξιολόγησαν τα κύρια στοιχεία της φυσικής κατάστασης που σχετίζονται με τη αθλητική απόδοση. Ωστόσο, αν και οι περισσότερες έρευνες αφορούσαν μελέτες παρατήρησης, λίγες ήταν οι μελέτες που αναφέρονται σε συγκρίσεις ανάμεσα σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων. Ακόμα, λαμβάνοντας υπόψη τα λίγα διαθέσιμα δεδομένα για το ορεινό τρέξιμο, ο παραπάνω προβληματισμός ενισχύει την αναγκαιότητα σχεδιασμού της παρούσας έρευνας.

1.1 Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να αξιολογηθούν και να συγκριθούν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά δρομέων μεγάλων αποστάσεων βουνού και δρόμου. Επίσης, να διερευνηθούν πιθανόν συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων αξιολόγησης.

Λειτουργικοί ορισμοί

- Ενεργειακό κόστος κίνησης (CR): Ορίζεται ως η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται για την μεταφορά μάζας 1 χιλιογράμμου σε μία απόσταση 1 μέτρου και εκφράζεται ($J \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$ ή $mL O_2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$) (Lazzer et al., 2015).
- Αερόβια ικανότητα: Η ικανότητα του καρδιοαναπνευστικού συστήματος για μεταφορά οξυγόνου από την ατμόσφαιρα στους εργαζόμενους μυς, καθώς και η ικανότητα χρησιμοποίησης οξυγόνου από αυτούς (Bosquet, Leger, & Legros, 2002).
- Πρόσληψη οξυγόνου (VO_2): Είναι η κατανάλωση οξυγόνου στη μονάδα του χρόνου (Κλεισούρας, 2011).
- Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}): Είναι ο μέγιστος όγκος οξυγόνου που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου (Καρατζαφέρη et al., 2015).
- Ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (vVO_{2max}): Η ελάχιστη ταχύτητα στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (Balducci et al., 2016).
- Δρομική οικονομία (RE): Είναι η κατανάλωση οξυγόνου που απαιτείται για την παραγωγή ενέργειας για να καλυφθεί μια δεδομένη απόσταση με μια συγκεκριμένη ταχύτητα (Beattie et al., 2017).
- Ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\%VO_{2max}$): Είναι η ικανότητα διατήρησης για μεγάλο χρονικό διάστημα υψηλού ποσοστού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Piacentini et al., 2013).
- DXA: Μέθοδος της απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων X για τον προσδιορισμό της οστικής πυκνότητας, οστικής μάζας και σύστασης σώματος.
- vVT_2 : Η ταχύτητα που επιτυγχάνεται στο δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι.
- VO_2VT_2 : Η κατανάλωση οξυγόνου στο δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι.
- Δεύτερο γαλακτικό κατώφλι (LT_2): Μέγιστη σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού.
- VO_{2peak} : Η υψηλότερη τιμή πρόσληψης οξυγόνου που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια ενός πρωτοκόλλου άσκησης.
- vVO_{2peak} : Η ελάχιστη ταχύτητα στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη τιμή πρόσληψης οξυγόνου.

- Δείκτης μάζας σώματος (BMI): Το βάρος σε κιλά διαιρεμένο με το ύψος στο τετράγωνο.
- Οστική πυκνότητα (BMD): Η μάζα του οστού διαιρεμένη με την περιοχή του οστού που μετρείται και εκφράζεται ως μάζα ανά μονάδα επιφάνειας (g/cm^2).
- Οστική μάζα (BMC): Η μάζα του οστού ανά περιοχή του σώματος που υπολογίζεται σε γραμμάρια (g).

Περιορισμοί - οριοθετήσεις της έρευνας

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα έπρεπε να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

- Να είναι άνδρες, ηλικίας 25-45 ετών.
- Να είναι αθλητές, καλής φυσικής κατάστασης, κατά κύριο λόγο ερασιτέχνες.
- Να έχουν προπονητική ηλικία τουλάχιστον 5 έτη και συχνότητα προπόνησης 4 φορές την εβδομάδα.
- Να είναι υγιείς, χωρίς προβλήματα τραυματισμών.
- Να έχουν προσωπικό ρεκόρ Μαραθωνίου τουλάχιστον τα τελευταία 3 έτη, 3 h 30 min ή ημιμαραθωνίου 1 h 40 min .
- Τα εβδομαδιαία km των δρομέων να είναι ≥ 90 .
- Οι δρομείς βουνού να έχουν $\geq 80\%$ των προπονήσεων τους σε ορεινό έδαφος.

Ερευνητικές υποθέσεις

Για την πειραματική προσέγγιση του προβλήματος έγιναν οι παρακάτω υποθέσεις:

- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερο ποσοστό λίπους από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη άλιπη μυϊκή μάζα από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη μυϊκή μάζα κάτω άκρων από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη συνολική οστική πυκνότητα από τους δρομείς βουνού.

- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα κάτω άκρων από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη συνολική οστική μάζα από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη οστική μάζα κάτω άκρων από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερες τιμές ισχύος από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερες τιμές στην μέγιστη ροπή των μυϊκών ομάδων του γονάτου από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου θα έχουν υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα από τους δρομείς βουνού.

Μηδενικές υποθέσεις

- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερο ποσοστό λίπους από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη άλιπη μυϊκή μάζα από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη μυϊκή μάζα κάτω άκρων από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη συνολική οστική πυκνότητα από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα κάτω άκρων από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη συνολική οστική μάζα από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη οστική μάζα κάτω άκρων από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερες τιμές ισχύος από τους δρομείς βουνού.
- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερες τιμές στην μέγιστη ροπή των μυϊκών ομάδων του γονάτου από τους δρομείς βουνού.

- Οι δρομείς δρόμου δεν θα έχουν υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα από τους δρομείς βουνού.

II. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Αξιολόγηση φυσικής κατάστασης

Είναι γνωστό ότι η φυσική κατάσταση είναι μια πολυδιάστατη έννοια και η δομή της δείχνει ότι υπάρχουν στενές αλληλεπιδράσεις με τις φυσιολογικές παραμέτρους (Zintl, 1993). Σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της φυσικής κατάστασης κατέχει η εργομετρική αξιολόγηση, η οποία διερευνά το επίπεδο ικανότητας του αθλητή σε όλες τις παραπάνω παραμέτρους (American College of Sports Medicine, 2007).

Αρχικά, η $VO_2\max$ είναι ο μέγιστος όγκος οξυγόνου που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου και εκφράζει την αερόβια ικανότητα ενός ατόμου (Κλεισούρας, 2011). Η αερόβια ικανότητα είναι καθοριστική για την απόδοση ενός αθλητή, και η αξιολόγησή της είναι μία από τις βασικότερες εργομετρικές δοκιμασίες (Καρατζαφέρη et al., 2015). Η πλέον ακριβής έμμεση μέθοδος για την αξιολόγηση της $VO_2\max$ γίνεται με το ανοιχτό κύκλωμα σπιρομέτρησης, ενώ ο δοκιμαζόμενος υποβάλλεται σε μια δοκιμασία κόπωσης σε προοδευτικά αυξανόμενη ένταση, μέχρι εξάντλησης (Κλεισούρας, 2011).

Επίσης, η μυϊκή δύναμη αναφέρεται στην τάση που παράγει μια μυϊκή ίνα, ένας ολόκληρος μυς ή μια ομάδα μυών και η μυϊκή ισχύς αναφέρεται στη γρήγορη ενεργοποίηση των μυών και παραγωγή έργου σε σύντομο χρόνο (Κλεισούρας, 2011). Για την αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων η πιο αποτελεσματική και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η ισοκινητική δυναμομετρία, η οποία μας παρέχει πληροφορίες ακόμα και για την αποκατάσταση, την πρόληψη τραυματισμών και για το προφίλ των δυναμικών χαρακτηριστικών διάφορων αθλημάτων (Riera et al., 1994). Για την αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας και της μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων μια δημοφιλής δοκιμασία είναι τα κατακόρυφα άλματα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται το άλμα από ημικάθισμα (SJ), και το άλμα με προδιάταση (CMJ) (Balducci et al., 2017).

Ακόμα, σε πολλά αθλήματα η σύνθεση του σώματος του αθλητή παίζει σημαντικό ρόλο (Svantesson et al., 2008). Οι μεταβολές στη σύνθεση του σώματος έχουν χρησιμοποιηθεί ως πληροφορίες σχετικά με την προσαρμογή του αθλητή σε διαφορετικούς τύπους προπόνησης (Svantesson et al., 2008). Η πιο διαδεδομένη και ακριβής μέτρηση για

τη σύσταση του σώματος είναι η μέθοδος της απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων Χ (DXA). Η μέτρηση DXA έχει γίνει πολύ προσιτή και δημοφιλής στον αγωνιστικό και μαζικό αθλητισμό και ειδικά στους δρομείς μεγάλων αποστάσεων (Hetland, Haarbo, & Christiansen, 1998; Hirsch, Smith-Ryan, Trexter, & Roelofs, 2016; Mooses & Hackney 2017; Nana, Slater, Stewart, & Burke, 2015; Pichard et al., 1997). Τα στοιχεία που κάνουν αυτή την τεχνική τόσο δημοφιλή είναι ότι χαρακτηρίζεται από υψηλή ακρίβεια, βγάζει άμεσα και γρήγορα αποτελέσματα (σε 15 λεπτά περίπου). Επίσης το DXA δίνει πολλά σημαντικά στοιχεία για τη σύσταση του σώματος, όπως είναι το ποσοστό λίπους (%BF), η λιπώδης μάζα (FM) και η μυϊκή μάζα (LM) (Nana et al., 2015; Pichard et al., 1997; Svantesson et al., 2008). Επιπλέον, η τεχνική αυτή έχει το πλεονέκτημα να δίνει και αποτελέσματα για ολόκληρο το σώμα ή ανά περιφέρεια του σώματος, που είναι σημαντικό για τυχόν μυϊκές ανισορροπίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι δίνει πολύτιμα αποτελέσματα σχετικά με την υγεία του σκελετού με την μέτρηση της οστικής πυκνότητας και οστικής μάζας του ατόμου (Hirsch et al., 2016; Looker et al., 2013; Stewart & Hannan, 2000; Warner, Shaw, & Dalsky, 2002).

Τέλος, η ευλυγισία είναι η ικανότητα κίνησης μιας άρθρωσης σε πλήρες εύρος (American College of Sports Medicine, 2007). Είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αθλητική απόδοση, αλλά και για την εκτέλεση των καθημερινών δραστηριοτήτων (American College of Sports Medicine, 2007). Η συνδυασμένη ευλυγισία της οσφυϊκής μοίρας και των οπίσθιων μηριαίων είναι αναπόσπαστο κομμάτι της φυσικής κατάστασης για πολλές δεκαετίες (Holt et al., 1999). Η πιο κοινή και ευρέως αξιολόγηση της ευλυγισίας είναι η δοκιμασία δίπλωσης του κορμού από εδραία θέση (sit and reach test) (Holt et al., 1999). Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην επιστήμη της άσκησης και στη φυσική αγωγή (Holt et al., 1999).

2.2 Αξιολόγηση και σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών δρομέων δρόμου

Η έρευνα του Mooses και των συνεργατών του (2013A), συνέκρινε δρομείς μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων δρόμου του ίδιου επιπέδου απόδοσης και συγκεκριμένα τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, τη σύσταση σώματος και τις φυσιολογικές παραμέτρους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δρομείς μεγάλων αποστάσεων παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες ταχύτητες στο δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι (vVT_2) και στην vVO_{2max} ($17,3 \pm 0,8$ και 19 ± 1 km/h έναντι $16,4 \pm 1,3$ και $17,8 \pm 1,3$ km/h), χωρίς όμως να υπάρχει στατιστικά

σημαντική διαφορά στην VO_2max ($67,4 \pm 5,9$ έναντι $64,2 \pm 5,8$ ml/kg/min). Επίσης, οι δρομείς μεγάλων αποστάσεων παρουσιάστηκαν σημαντικά ηλικιακά μεγαλύτεροι ($25,4 \pm 3,8$ έναντι $21,1 \pm 3,4$ έτη). Στη σύσταση σώματος και στα υπόλοιπα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά τα δύο γκρουπ δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Ενώ στην ανάλυση συσχέτισης τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση των δρομέων μεσαίων αποστάσεων σχετίζεται σημαντικά με την συνολική LM ($r = 0,61$).

Επίσης, σε μια άλλη έρευνα από το ίδιο εργαστήριο και συγκεκριμένα του Mooses και των συνεργατών του (2013B), εξετάστηκε η σύσταση σώματος και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και αν θα υπάρχει σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους της σύστασης σώματος με τη RE στο ατομικό αναπνευστικό κατώφλι μεταξύ δρομέων μεσαίου και υψηλού επιπέδου. Τα δύο γκρουπ των δρομέων, αν και έδειξαν παρόμοιες τιμές στην RE στο δικό τους ατομικό αναπνευστικό κατώφλι, παρουσίασαν σημαντική διαφορά στην αντίστοιχη ταχύτητα του δεύτερου αναπνευστικού κατωφλιού (vVT_2) για τους δρομείς υψηλού επιπέδου ($264,82 \pm 33,28$ έναντι $246,86 \pm 26,98$ m/min). Ακόμη, οι δρομείς υψηλού επιπέδου παρουσίασαν υψηλότερη VO_2max ($67,13 \pm 5,55$ έναντι $63,75 \pm 4,20$ ml/kg/min). Στη σύσταση σώματος και στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο γκρουπ εκτός από το %BF. Οι δρομείς μεσαίου επιπέδου είχαν μεγαλύτερο %BF $10,31 \pm 4,49$ % σε αντίθεση με τους δρομείς υψηλού επιπέδου που είχαν $7,29 \pm 1,62$ %BF. Επιπλέον, υπήρχε υψηλή μεταβλητότητα στους δρομείς μεσαίου επιπέδου στη σύσταση σώματος. Η LM σώματος σχετίστηκε σημαντικά με την RE στο τεστ της αντίστοιχης vVT_2 ($r = -0,54$, $p < 0,05$). Στις υπόλοιπες συσχετίσεις μεταξύ RE και σύνθεση σώματος δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η επόμενη έρευνα των Billat, Demarle, Slawinski, Paiva και Koralsztein, (2001), σύγκρινε τα προπονητικά χαρακτηριστικά και τις φυσιολογικές παραμέτρους ελίτ δρομέων (<2h:11min χρόνο μαραθωνίου για άντρες και <2h:32min για γυναίκες), έναντι υψηλού επιπέδου δρομέων (<2h:16min και <2h:38min) αντίστοιχα. Στους άντρες οι ελίτ δρομείς είχαν σημαντικά υψηλότερη τιμή στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2peak) από τους υψηλού επιπέδου δρομείς ($79,6 \pm 6,2$ έναντι $67,1 \pm 8,1$ ml/kg/min). Επιπλέον, οι ελίτ δρομείς εμφάνισαν μεγαλύτερη μέση ωριαία ταχύτητα στον μαραθώνιο και είχαν καλύτερο χρόνο απόδοσης ($19,5 \pm 0,3$ km/h, 129 ± 2 min έναντι $19,0 \pm 0,1$ km/h και 133 ± 1 min) αντίστοιχα. Επίσης, οι ελίτ δρομείς διανύουν περισσότερα χιλιόμετρα την εβδομάδα απ' ό,τι οι δρομείς υψηλού επιπέδου (206 ± 26 Km έναντι 168 ± 20 Km), αντίστοιχα. Ωστόσο, δεν

παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Ο χρόνος απόδοσης του μαραθωνίου συσχετίστηκε αρνητικά με την VO_{2peak} ($r = -0,73$, $p < 0,01$) για τους άντρες και την ταχύτητα που επιτεύχθηκε στο τεστ των 1000m ($r = -0,85$, $p < 0,001$) για τις γυναίκες αντίστοιχα.

Η έρευνα του Gordon και των συνεργατών του (2017), μελέτησε τα φυσιολογικά και προπονητικά χαρακτηριστικά ερασιτεχνών δρομέων μαραθωνίου σε σχέση με τον χρόνο τερματισμού. Οι δρομείς υποδιαιρέθηκαν με βάση την απόδοσή τους στο μαραθώνιο σε πέντε γκρουπ 1 = (2.5-3h), 2 = (3-3.5h), 3 = (3.5-4h), 4 = (4-4.5h) και 5 = (>4.5h). Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στην VO_{2max} ανάμεσα στο 1 γκρουπ ($63,3 \pm 7,7$ ml/kg/min) και το 2 ($55,7 \pm 4,8$ ml/kg/min), το 3 ($53,2 \pm 4,6$ ml/kg/min), το 4 ($53 \pm 8,6$ ml/kg/min) και το 5 [$46,5 \pm 5,2$ ml/kg/min] που ήταν οι πιο αργοί δρομείς], με τις μεγαλύτερες διαφορές να παρατηρούνται ανάμεσα στο 4 και 5 γκρουπ ($p = 0,000$) και ανάμεσα στο 2 και 5 γκρουπ ($p < 0,001$). Απεναντίας, στην αξιολόγηση της RE δεν υπήρχε καμία σημαντική διαφορά ανάμεσα στα γκρουπ, ωστόσο όταν εκφράστηκε ως κλασματική χρήση της VO_{2max} παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές. Το 1 χρησιμοποίησε το $63,5 \pm 6,1\%$ σε σύγκριση με το 5 γκρουπ που είχε $86,2 \pm 7,2\%$, με το 2 να χρησιμοποιεί το $68,8 \pm 6,1\%$ και το 3 γκρουπ το $76,1 \pm 6,5\%$ σε όλες τις ταχύτητες από 10 έως 13 km/h. Επίσης, η πιο εντυπωσιακή διαφορά μεταξύ των ομάδων ήταν η συνολική καλυπτόμενη ποσότητα χιλιομέτρων ανά εβδομάδα. Οι δρομείς των τριών τελευταίων γκρουπ ($62,4 \pm 27,3$, $56,2 \pm 14,8$ και $43,8 \pm 9,5$ km/w) κάλυπταν σημαντικά μικρότερη απόσταση από τα δύο πρώτα γκρουπ ($91,7 \pm 31,6$ και $81,5 \pm 26$ km/w), αντίστοιχα. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά προπόνησης, τα εβδομαδιαία χιλιόμετρα αποδείχθηκε ότι συσχετίζονται σημαντικά με την ταχύτητα του αγώνα ($r = 0,494$) καθώς και με την VO_{2max} ($r = 0,453$) και με το γαλακτικό σημείο καμπής (LT2) ($r = 0,510$). Τέλος, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά ανάμεσα στα γκρουπ των δρομέων.

Σε μία ακόμη έρευνα που αφορούσε ερασιτέχνες δρομείς ο Zillmann και οι συνεργάτες του (2013), συνέκριναν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά της προπόνησης μεταξύ ημιμαραθωνοδρόμων και μαραθωνοδρόμων. Τα αποτελέσματα στους μαραθωνοδρόμους έδειξαν ότι είχαν μικρότερη σωματική μάζα ($73,9 \pm 8,1$ kg), μικρότερο %BF ($16,3 \pm 3,6$ %), μικρότερη τιμή στο άθροισμα των δερματοπτυχών 8 σημείων ($88,3 \pm 26,2$ mm) και κάλυπταν περισσότερα χιλιόμετρα την εβδομάδα ($44,7 \pm 24,7$ km/w), σε αντίθεση με τους δρομείς του ημιμαραθωνίου που είχαν ($75,8 \pm 8,6$ kg, $17,5 \pm 4,6$ %, $99,9$

$\pm 35,6$ mm και $33,7 \pm 20,5$ km/w), αντίστοιχα. Απεναντίας, οι ημιμαραθωνοδρόμοι είχαν περισσότερη άλιπη μυϊκή μάζα (FFM) ($39,1 \pm 3,1$ kg έναντι $38,3 \pm 3,3$ kg), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία άλλη διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Όσον αφορά την απόδοση του αγώνα βρέθηκε μέτρια συσχέτιση με το %BF και με τη μέση ωριαία ταχύτητα προπόνησης των δρομέων.

Ο Ogueta-Alday και οι συνεργάτες του (2018), είχαν ως στόχο να εντοπίσουν τις ομοιότητες και τις διαφορές ανθρωπομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών μεταξύ των ημιμαραθωνοδρόμων σε σχέση με το επίπεδο απόδοσης τους. Οι δρομείς κατατάχθηκαν σε τέσσερα γκρουπ σύμφωνα με το χρόνο απόδοσης τους σε αγώνα ημιμαραθωνίου 1 = (<70 min), 2 = (<80 min), 3 = (<90 min) και 4 = (<105 min). Τα τέσσερα γκρουπ των δρομέων δεν διέφεραν μεταξύ τους στην ηλικία (32 ± 7 έτη) και στο ύψος ($1,76 \pm 0,05$ m). Ωστόσο, υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη σωματική μάζα, στον BMI και στο άθροισμα των δερματοπτυχών 6 σημείων. Οι δρομείς του 1 γκρουπ ήταν ελαφρύτεροι ($66,5 \pm 5,3$ kg) από το 3 και 4 ($73 \pm 5,6$ και $73 \pm 8,9$ kg) αντίστοιχα, και οι δρομείς του 2 γκρουπ των δρομέων ($68,1 \pm 5$ kg) διέφεραν σημαντικά μόνο από το 3. Οι δρομείς του 1 και 2 γκρουπ παρουσίασαν μικρότερες τιμές στον BMI ($21,4 \pm 1,4$ και $21,1 \pm 0,9$ kg/m²) και στο άθροισμα των δερματοπτυχών ($37,4 \pm 9,1$ και $40,4 \pm 6,3$ mm) από τους δρομείς του 3 και 4 ($23,3 \pm 1,3$ και $24,1 \pm 2,4$ kg/m²) και ($58,6 \pm 13,8$ και $70,3 \pm 15,9$ mm), αντίστοιχα. Επίσης, το 1 γκρουπ (VO₂max: $69,2 \pm 5$ ml/kg/min) παρουσίασε καλύτερη αερόβια ικανότητα από τα άλλα τρία ($64,4 \pm 5,7$, και $56,9 \pm 4,5$ και $55,9 \pm 6,2$ ml/kg/min) αντίστοιχα, και το 2 υπερείχε σημαντικά από τα δύο τελευταία γκρουπ. Επιπλέον, βρέθηκαν ισχυρές σχέσεις ($r = -0,75 - 0,92$) μεταξύ της απόδοσης και των φυσιολογικών χαρακτηριστικών, των μεταβλητών προπόνησης και της σύστασης σώματος.

Μία ακόμη έρευνα που μελέτησε τις ομοιότητες και διαφορές δρομέων μεγάλων αποστάσεων ήταν αυτήν του Rust και των συνεργατών του (2012). Ο Rust και οι συνεργάτες του (2012), διερεύνησαν τα ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε ερασιτέχνες μαραθωνοδρόμους και υπερμαραθωνοδρόμους (100 km). Οι δύο ομάδες των δρομέων έδειξαν μόνο μικρές διαφορές στην περιφέρεια του γαστροκνημίου και στο πάχος των δερματικών πτυχών του θώρακος, της μεσομασχαλιαίας και υπερλαγόνιας πτυχής. Ωστόσο, όσον αφορά τις παραμέτρους της προπόνησης οι μαραθωνοδρόμοι κάλυπταν λιγότερα εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε σύγκριση με τους υπερμαραθωνοδρόμους ($44,7 \pm 24,7$ έναντι $70,5 \pm 37,6$ km/w), αλλά είχαν σημαντικά μεγαλύτερη μέση ωριαία ταχύτητα κατά τη

διάρκεια της προπόνησης ($11 \pm 1,4$ έναντι $10,2 \pm 2,2$ km/h). Επιπλέον, το ποσοστό σωματικού λίπους και τα km/w για τους υπερμαραθωνοδρόμους και η μέση ωριαία ταχύτητα για τους μαραθωνοδρόμους συσχετίστηκαν με την απόδοση του αγώνα του μαραθωνίου και του αγώνα των 100 km.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι έρευνες που μελέτησαν δρομείς μεγάλων αποστάσεων με ιστορικό τραυματισμού. Στην έρευνα των E. M. Portes, L. A. Portes, Botelho και Souza Pinto, (2007), πήραν μέρος άνδρες δρομείς μετά από ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (VO_{2max} : $61,5 \pm 5,1$ ml/kg/min) και δρομείς χωρίς ιστορικό τραυματισμού (VO_{2max} : $61 \pm 4,7$ ml/kg/min) στην αξιολόγηση της δύναμης των κάτω άκρων και στα φυσιολογικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα φυσιολογικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά εκτός από το σωματικό ανάστημα. Οι δρομείς με ιστορικό τραυματισμού ήταν ψηλότεροι από του δρομείς χωρίς ιστορικό τραυματισμού ($1,77 \pm 0,07$ έναντι $1,69 \pm 0,05$ m), αντίστοιχα. Στην ισοκινητική αξιολόγηση δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στη μέγιστη ροπή των καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος, καθώς και στην αναλογία καμπτήρων/εκτεινόντων (H/Q) στις 60 °/s ανάμεσα στις 2 ομάδες αθλητών.

Ακόμη μια μελέτη που αξιολόγησε αθλητές με ιστορικό τραυματισμού ήταν αυτή της Roelofs και των συνεργατών της (2015). Στην έρευνα έλαβαν μέρος άνδρες ($19,7 \pm 1,2$ έτη) και γυναίκες ($19,3 \pm 1,3$ έτη) δρομείς ανωμάλου δρόμου με ιστορικό τραυματισμού (κάταγμα κοπώσεως) και χωρίς ιστορικό τραυματισμού. Οι ατομικοί καλύτεροι χρόνοι της σεζόν ήταν για τους άντρες στα 5km $15:22 \pm 27$ sec και στα 10km $31:32 \pm 82$ sec, ενώ για τις γυναίκες οι χρόνοι στα 5km και στα 6 km ήταν $18:13 \pm 37$ sec και $21:58 \pm 58$ sec, αντίστοιχα. Οι άνδρες και γυναίκες δρομείς με ιστορικό τραυματισμού δεν διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τους δρομείς που παρουσίασαν ιστορικό τραυματισμού σε καμία μεταβλητή. Ωστόσο, ξεχωριστά στα 2 φύλα υπήρχαν σημαντικές συσχετίσεις. Στους άνδρες δρομείς το σωματικό βάρος συσχετίστηκε με τη μυϊκή μάζα των ποδιών (legLM), με τη συνολική οστική πυκνότητα (BMD) και με τη συνολική οστική μάζα (BMC). Επίσης, η legLM συσχετίστηκε με την BMD και BMC. Τέλος, οι υψηλότεροι ατομικοί χρόνοι για τους άντρες στα 10km συσχετίστηκαν θετικά με την FM ($r = 0,489$, $p = 0,042$) και για τους άνδρες στα 5km οι χρόνοι συσχετίστηκαν επίσης με το %BF ($r = 0,556$, $p = 0,02$). Για τις γυναίκες το σωματικό βάρος συσχετίστηκε με την FM, με την BMC και με την legLM. Η LM συσχετίστηκε με την BMD και με την BMC, ενώ η legLM

συσχετίστηκε μόνο με την BMC. Αντίθετα οι ατομικοί χρόνοι των γυναικών δεν συσχετίστηκαν με καμία μεταβλητή.

Η έρευνα του Dumke και των συνεργατών του (2010), μελέτησε τη σχέση μεταξύ της δύναμης, ισχύος και σκληρότητας των μυών/τενόντων των κάτω άκρων με την RE σε καλά προπονημένους δρομείς ($VO_2\max$: $68,3 \pm 4,3$ ml/kg/min). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η $VO_2\max$ και η ευλυγισία δεν σχετίστηκαν με τη RE σε όλα τα στάδια αξιολόγησης της μέτρησης, εκτός από το 6 στάδιο όπου υπήρχε ισχυρή σχέση ανάμεσα στην $VO_2\max$ και VO_2 ($r = 0,89$, $p < 0,001$). Επίσης, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στην ισχύ, στη δύναμη και στη σκληρότητα των μυών/τενόντων. Ωστόσο, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του CMJ και της VO_2 σε 3 στάδια αξιολόγησης της RE, στο στάδιο 2 ($r = 0,66$, $p = 0,02$), στάδιο 3 ($r = 0,70$, $p = 0,01$) και στο στάδιο 4 ($r = 0,58$, $p = 0,04$). Ακόμη, υπήρξε σημαντική σχέση ανάμεσα στη δύναμη και στην VO_2 στο 4 στάδιο ($r = 0,57$, $p = 0,05$).

Μία ακόμη έρευνα που αξιολόγησε την RE ήταν αυτή των Trehearn και Buresh (2009). Συγκεκριμένα, σκοπός της έρευνας ήταν να προσδιορίσει το μέγεθος της σχέσης ανάμεσα στην RE και στην ευλυγισία μεταξύ 8 κολεγιακών δρομέων (4 άνδρες, 4 γυναίκες), ($VO_2\max$: $63,2 \pm 3,4$ ml/kg/min). Τα αποτελέσματα ανάμεσα στα 2 φύλα έδειξαν ότι οι γυναίκες είχαν μεγαλύτερες τιμές στην αξιολόγηση της ευλυγισίας (sit and reach) από τους άντρες ($35,88 \pm 4,33$ έναντι $18,38 \pm 5,65$ cm) και δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην RE. Η ανάλυση συσχέτισης αποκάλυψε αρνητική σημαντική συσχέτιση ($r = 0,826$, $p = 0,006$) ανάμεσα στην αξιολόγηση της ευλυγισίας και στην RE μεταξύ των 8 δρομέων σε συγκεκριμένη ταχύτητα. Επίσης, μια παρόμοια σχέση παρατηρήθηκε ανάμεσα στην ευλυγισία και στην RE σε σχετική ταχύτητα, χωρίς αυτή η συσχέτιση να είναι στατιστικά σημαντική ($r = 0,606$, $p = 0,056$).

Με το αποτέλεσμα της παραπάνω έρευνας συμφωνούν και οι Craib με τους συνεργάτες του (1996) και ο Jones, (2002), οι οποίοι παρατήρησαν μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ ευλυγισίας και RE, σύμφωνα με την οποία οι δρομείς με την μικρότερη ευλυγισία τείνουν να είναι πιο οικονομικοί σε μια υπομέγιστη ταχύτητα.

Σε μια άλλη έρευνα, ο Nikolaidis και οι συνεργάτες του (2018), αξιολόγησαν γυναίκες ερασιτέχνες δρομείς στα φυσιολογικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Οι συμμετέχουσες διαιρέθηκαν σε 3 γκρουπ ανάλογα με την ηλικία (<35, 35-45 και >45 έτη) για να μελετηθεί η επίδραση της ηλικίας στις παραμέτρους της απόδοσης. Επίσης,

αξιολογήθηκαν και οι διαφορές μεταξύ των 3 ομοιόμορφων ομάδων με βάση το χρόνο απόδοσης αγώνα 1 = (<4h:15min), 2 = (4:15-4h:45min) και 3 = (>4h:45min). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ηλικιακά μικρότερη ομάδα είχε υψηλότερες τιμές στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα (CMJ, SJ) από τα άλλα 2 ηλικιακά γκρουπ, ενώ ως προς το χρόνο απόδοσης το γκρουπ με τους πιο αργούς χρόνους απόδοσης είχε καλύτερη ευλυγισία από τα άλλα 2. Τέλος, υπήρχε σημαντική σχέση ανάμεσα στο SJ και στη σχετική ισομετρική δύναμη με το %BF και στην απόλυτη ισομετρική δύναμη με τη μάζα σώματος και την FFM.

Ακόμη μία έρευνα από το ίδιο συγγραφέα και συγκεκριμένα από τον Nikolaidis και των συνεργατών του (2019), μελέτησε τη σχέση της ηλικίας, της απόδοσης και της σύστασης σώματος με την μυϊκή δύναμη και ευλυγισία σε άντρες ερασιτέχνες δρομείς. Οι δρομείς χωρίστηκαν σε 8 ηλικιακά ομάδες, (1 = <30, 2 = 30-35, 3 = 35-40, 4 = 40-45, 5 = 45-50, 6 = 50-55, 7 = 55-60 και 8 = >60). Οι μεγαλύτερες ηλικιακά ομάδες είχαν τις μικρότερες τιμές στην αλτική ικανότητα (CMJ, SJ) ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην ευλυγισία και στην μυϊκή δύναμη ανάμεσα στις ομάδες. Από την ανάλυση συσχέτισης προέκυψε ότι η μέση ωριαία ταχύτητα του αγώνα συσχετίστηκε μέτρια με την σχετική ισομετρική δύναμη, αλλά όχι με τις άλλες νευρομυϊκές αξιολογήσεις. Επιπρόσθετα, το %BF συσχετίστηκε αρνητικά με την αλτική ικανότητα και με τη σχετική μυϊκή δύναμη.

Μια πιο πρόσφατη μελέτη ήταν αυτή των Sundby και Gorelick, (2014), και σκοπός της ήταν να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ των λειτουργικών αναλογιών καμπτήρων/εκτεινόντων (f-H:Q) με την RE σε υψηλά προπονημένες δρομείς γυναίκες (HT) και σε ερασιτέχνες γυναίκες δρομείς (REC) μεγάλων αποστάσεων. Οι HT εμφανίστηκαν να έχουν μικρότερο %BF ($19,7 \pm 3$ %), μικρότερο BMI ($19,6 \pm 0,7$ kg/m²) και να καλύπτουν περισσότερα χιλιόμετρα ανά εβδομάδα ($104,6 \pm 18,5$ km/w), σε αντίθεση με τις REC ($26,4 \pm 6,2$ %BF, $22,6 \pm 2,8$ kg/m² και 32 ± 15 km/w) αντίστοιχα. Επίσης, οι HT είχαν υψηλότερες τιμές στην απόλυτη και στη σχετική VO₂peak ($3,6 \pm 0,4$ L/min και $62 \pm 4,8$ ml/kg/min) και καλύτερη RE (VO₂: $31,1 \pm 2,8$ και $38,3 \pm 3$ ml/kg/min) στα 2 στάδια αξιολόγησης των ($160,9$ και $201,2$ m/min) ταχυτήτων έναντι ($3,1 \pm 0,3$ L/min, $49,2 \pm 4,6$ ml/kg/min, VO₂: $32,6 \pm 2,2$ και $41,2 \pm 2,2$ ml/kg/min) αντίστοιχα. Επιπλέον, οι HT είχαν μια τάση προς τις υψηλότερες τιμές στις f-H:Q και στις 3 γωνιακές ταχύτητες που αξιολογήθηκαν, παρά τις χαμηλότερες τιμές δύναμης από τις REC. Τέλος, τα κύρια ευρήματα ήταν ότι η RE συσχετίστηκε σημαντικά με την f-H:Q, ενώ δεν υπήρχε σχέση της RE με την απόλυτη δύναμη των εκτεινόντων και καμπτήρων του γόνατος και ούτε συσχετίστηκε η RE σημαντικά με την ευλυγισία.

Ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσίασε και η έρευνα του Demirkan και των συνεργατών του (2016), που αξιολόγησε τη σχέση μεταξύ της σύστασης σώματος με την αερόβια ικανότητα ανάμεσα σε έφηβους ($16,5 \pm 2,4$ έτη) και σε νεάνιδες ($16,2 \pm 2,1$ έτη) δρομείς. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι έφηβοι παρουσιάζουν μεγαλύτερο ανάστημα ($1,69 \pm 0,05$ m), μεγαλύτερη σωματική μάζα ($57,1 \pm 5,9$ kg), είχαν περισσότερη FFM ($50,6 \pm 5,8$ kg), είχαν λιγότερο %BF ($11,3 \pm 3,7$ %) και καλύτερη αερόβια ικανότητα στα 2 τεστ πρόβλεψης της VO_{2max} (MST: $53,6 \pm 6,5$ ml/kg/min) και στο τεστ (Cooper: $57,2 \pm 13,6$ ml/kg/min). Απεναντίας, οι νεάνιδες είχαν ($1,62 \pm 0,05$ m, $49,3 \pm 8$ kg, $39,5 \pm 4,7$ kg, $19,2 \pm 4,5$ %, $42,4 \pm 7,3$ και $38,8 \pm 11,6$ ml/kg/min) αντίστοιχα. Επίσης, ενώ υπήρξε σημαντική διαφορά ανάμεσα στα 2 τεστ πρόβλεψης της VO_{2max} , υπήρξε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους. Επιπλέον, αναγνωρίστηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στα 2 τεστ πρόβλεψης με το %BF και μέτρια θετική συσχέτιση με την FFM.

Ξεχωριστός λόγος, όμως, πρέπει να γίνει και για τις μελέτες περιγραφής των φυσιολογικών χαρακτηριστικών δρομέων δρόμου και για τις ερευνητικές μελέτες που αξιολογούν τις οξείες μεταβολές των φυσιολογικών χαρακτηριστικών μετά από ένα πρόγραμμα παρέμβασης ή ένα αθλητικό γεγονός. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των ερευνών ασχολούνται με τη διερεύνηση των οξείων μεταβολών που προκαλούνται μετά από ένα πρόγραμμα παρέμβασης μυϊκής ενδυνάμωσης στα νευρομυϊκά χαρακτηριστικά (Ferley et al., 2014; Li et al., 2021; Piacentini et al., 2013), στην καρδιοαναπνευστική αντοχή (Berryman et al., 2018; Blagrove et al., 2018; Saunders et al., 2006; Yamamoto et al., 2008), στη σύσταση σώματος (Beattie et al., 2016) και στην αναερόβια φυσική κατάσταση (Beattie et al., 2014; Mikkola et al., 2007). Επίσης, επαρκείς είναι και οι μελέτες που αξιολογούν τις μεταβολές που προκαλούνται μετά από ένα αθλητικό γεγονός στα νευρομυϊκά χαρακτηριστικά (Gomez et al., 2002; Koller et al., 2006; Wiewelhove et al., 2018). Επίσης, αρκετές είναι και οι μελέτες παρατήρησης που περιγράφουν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά δρομέων μεγάλων αποστάσεων δρόμου (Kong & Heer, 2008; Kubo, Kanehisa, Kawakami, & Fukunaga, 2000; Vernillo et al., 2013). Συνοπτικά, η βιβλιογραφική ανασκόπηση των δρομέων δρόμου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά φυσικής κατάστασης δρομέων δρόμου.

Συγγραφέις	Συμμετέχοντες	Ηλικία	Βάρος	Ύψος	BMI	%BF	Km/w	VO ₂ max
Mooses et al., 2013A	LD (20) NL	25,4±3,8	69±4,5	1,81±0,05	21,1±1,2	7,6±1,9 ^a	~240km/m	67,4±5,9
	MD (20) NL	21,1±3,4	70,5±6,3	1,80±0,04	21,6±1,5	8,1±2 ^a	~240km/m	64,2±5,8
Mooses et al., 2013B	LD (28) HT	23±4,4	69,28±5,45	1,81±0,05	21,19±1,05	7,29±1,62 ^a	~150km/m	67,13±5,55
	LD (17) MT	25,5±8,3	70,55±7,67	1,78±0,06	22,2±2,05	10,31±4,5 ^a	~150km/m	63,75±4,2
Billat et al., 2001	LD (5) EL	33,4±2	60,2±2,9	1,72±0,02	-	-	206±26	79,6±6,2
	LD (5) HT	30,3±2,2	59,3±2,5	1,72±0,02	-	-	168±20	67,1±8,1
Gordon et al., 2017	LD (97) F (34) M (63) RR	42,4±9,9	69,2±11,3	1,72±0,09	20,2±2,5	-	43,8±9,5 - 91,7±31,6	(39,4 - 79,7) 53,9±7,4
Zillmann et al., 2013	HM (147) RR	40,2±10,1	75,8±8,6	1,79±0,06	23,3±2,2	17,5±4,6 ^b	33,7±20,5	-
	MA (126) RR	42,8±10,8	73,9±8,1	1,78±0,06	23,7±2,7	16,3±3,6 ^b	44,7±24,7	-
Ogueta-Alday et al., 2018	LD (11) HL	32±7	66,5±5,3	1,76±0,05	21,4±1,4	-	118,6±30,3	69,2±5
	LD (13) MT		68,1±5		21,1±0,9		85,8±23,3	64,4±5,7
	LD (13) RR		73±5,6		23,3±1,3		51,7±21,3	56,9±4,5
	LD (11) RR		73±8,9		24,1±2,4		43,3±15,4	55,9±6,2
Rust et al., 2012	LD (12) RR	42,8±10,8	73,9±8	1,78±0,06	23,4±2,2	16,2±3,7 ^b	44,7±24,7	-
	ULD (166) RR	45,8±9,5	75±9,4	1,79±0,07	23,4±2,1	16,2±4,3 ^b	70,5±27,6	
Portes et al., 2007	LD (28) NL	33,4±8,9	65,6±7,3	1,71±0,07	-	8,5±4,2 ^b	91,6±32,7	61,2±4,7
Roelofs et al., 2015	LD (21)	19,7±1,2	67,7±4,9	1,78±0,05	21,2±1,3	14,5±1,7 ^a - 14,9±2,5 ^a	96 - 120	-
Dumke et al., 2010	LD (12) HT	21±2,7	66,2±5,8	1,78±0,07	-	-	96,8±23,6	68,3±4,3
Trehearn & Buresh, 2009	LD (4) WT	20±1,63	57,16±4,24	1,63±0,03	-	-	84±24	66,09±0,76
Jones, 2002	LD (34) NL	27±5	64,9±4,2	-	-	-	128 - 193	72,8±3,7
Craib et al., 1996	LD (19) WT	32±1	67,2±1,2	1,75±0,01	-	8,8±0,9 ^b	69,9±5,7	67,4±0,9

Nikolaïdis et al., 2019	LD (130) RR	44,1±8,6	77±9	1,76±0,06	24,7±2,6	17,7±4,1 ^b	-	-
Demirkhan et al., 2016	DR (13)	16,5±2,4	57,1±5,9	1,69±5,2	19,8±1,6	11,3±3,7 ^c	-	53,6±6,51 ^z
								57,2±13,6 ^y
Ferley et al., 2014	DR (32) F (18) M (14) WT	27,4±3,8	64,8±8,9	1,73±0,06	-	-	-	60,9±8,5
Beattie et al., 2016	DR (20) NL	28,2±8,6	71,6±6,6	1,8±0,07	-	-	-	61,3±3,2
Saunders et al., 2006	DR (15) NL	20-28	59-77	-	-	-	107±43	71,1±6
Li et al., 2021	LD (38) F (12) M (26) RR	31,4±3,8	56-69	1,65-1,75	19-25	-	41-56	57,6±6,8
Mikkola et al., 2007	DR (25) F (7) M (18)	16-18	57-69	1,64-1,85	-	6,3-20	-	-
Gomez et al., 2002	DR (10)	22,2±2,6	71,3±7,3	1,79±0,06	-	9,3±2,1 ^b	-	63,8±4,8
Wiewelhoeve et al., 2018	LD (46) RR	30,5±10,9	75,5±7,5	1,79±0,06	23,5±2,4	-	-	-
Kong & De Heer, 2008	DR (6) EL	22±1,8	63±7,3	1,77±0,06	20,1±1,8	5,3±1,6 ^b	170	-
Kubo et al., 2000	LD (13) HT	19,8±0,4	57,2±3,8	1,71±0,04	-	-	100-150	-
Vernillo et al., 2013	LD (14) EL	27,71±3,75	57,71±4,02	1,71±0,06	-	8,87±0,07 ^b	180-220	-
Dar et al., 2020	DR (26) F (11) M (15) RR	42,2±9,1	62,4±8	1,68±0,08	21,9±1,9	-	37,5±20,6	-
Bean, 2018	DR (11) WT	33±12,17	72,52±11,30	1,76±0,08	23,17±2,35	-	-	-
	DR (20) F (9) M (11) WT	31±10,24	65,22±12,71	1,72±0,08	-	-	-	-
	DR (15) F (7) M (8) WT	31±9,24	63,61±12,56	1,71±0,09	-	-	-	-
Lanferdini et al., 2020	DR (20) WT	34±7,9	67,2±6,1	1,73±0,07	-	-	63±32,1	63,2±6,4

LD= Long distance, MD= Middle distance, ULD= Υπερμαραθωνοδρόμοι, F=Female, M=Men, ~=Τουλάχιστον, Km/m= Χιλιόμετρα ανά μήνα, Km/w= Χιλιόμετρα ανά εβδομάδα, a= DXA, b= Δερματοπυχομέτρηση, c= BIA, HT= Highly trained, NL= National level, HL= High level, RR= Recreational, MT= Moderate trained, HM= Half-marathon, MA= Marathon, EL= Elite, WT= Well trained, DR= Distance runners, z= Multistage progressive shuttle run test, y= Cooper test, BMI= Δείκτης μάζας σώματος, %BF= Ποσοστό λίπους, VO₂max= Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.

2.3 Αξιολόγηση και σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών δρομέων βουνού

Η έρευνα του Lemire και των συνεργατών του (2020), ήταν να προσδιορίσει αν οι καλά προπονημένοι δρομείς βουνού μπορούν να επιτύχουν παρόμοια VO_{2peak} σε κατηφορικό (DR)(-15% κλίση) ή ανηφορικό (UR)(+15% κλίση) τρέξιμο σε σύγκριση με το επίπεδο (LR) τρέξιμο σε δαπεδοεργόμετρο και αν υπάρχει σχέση μεταξύ της δύναμης του κάτω άκρου με την ταχύτητα της VO_{2peak} (vVO_{2peak}). Στην έρευνα συμμετείχαν 8 δρομείς αντοχής βουνού ηλικίας 29 ± 4 έτη, ύψους $1,74 \pm 0,01$ m, σωματικής μάζας $61,8 \pm 1,8$ kg, VO_{2max} $68 \pm 2,2$ ml/kg/min και vVO_{2max} $18,7 \pm 0,5$ km/h. Η VO_{2peak} ήταν παρόμοια στο UR με το LR αλλά χαμηλότερη στο DR ($-16 \pm 2\%$ και $-18 \pm 2\%$ έναντι του LR και του UR, αντίστοιχα. Στο DR η vVO_{2peak} ήταν $22,2 \pm 2\%$ υψηλότερη και στο UR η vVO_{2max} ήταν $49 \pm 1\%$ χαμηλότερη σε σύγκριση με την vVO_{2max} του LR. Ανάμεσα στις 3 μυϊκές ομάδες που εξετάστηκαν οι εκτεινόντες του ισχίου εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές από τους εκτεινόντες του γόνατος και από τους καμπτήρες του πέλματος ($358 \pm 24,1N \cdot m$ έναντι $265 \pm 15,5N \cdot m$ και $215 \pm 8,5N \cdot m$), αντίστοιχα. Επίσης, η μέγιστη ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων του ισχίου και η συνολική ισομετρική δύναμη (3 μυϊκών ομάδων) του κάτω άκρου συσχετίστηκαν αρνητικά με την vVO_{2peak} και στα 3 τεστ της αξιολόγησης. Ενώ, η vVO_{2peak} (και των 3 τεστ) δεν συσχετίστηκε σημαντικά με τη μέγιστη ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος, ούτε και με την αντίστοιχη των καμπτήρων του πέλματος.

Η επόμενη έρευνα του Oliveira-Rosado και των συνεργατών του (2020), ήταν να περιγράψει και να προσδιορίσει τη σημασία διαφορετικών δεικτών της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας μεταξύ ανδρών δρομέων υπεραποστάσεων βουνού (Ultra-trail), ανάλογα με το επίπεδο απόδοσής τους (ερασιτέχνες και εθνικού επιπέδου). Οι δρομείς εθνικού επιπέδου παρουσιάστηκαν νεότεροι ($33,5 \pm 4,1$ έτη) και είχαν μικρότερη σωματική μάζα ($69,9 \pm 7,6$ kg) από τους ερασιτέχνες δρομείς που είχαν ($38,8 \pm 8,2$ έτη και $76,4 \pm 10,5$ kg) αντίστοιχα. Στην αξιολόγηση των τιμών κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) οι εθνικού επιπέδου δρομείς είχαν καλύτερες απόλυτες και σχετικές τιμές οξυγόνου στο δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι (VO_{2VT_2}) από τους ερασιτέχνες δρομείς. Στην VO_{2peak} δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα 2 γκρουπ σε απόλυτες τιμές, ωστόσο όταν εκφράστηκε η VO_{2peak} σε σχετικές τιμές οι εθνικού επιπέδου δρομείς παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά στην VO_{2peak} με τους ερασιτέχνες δρομείς ($63,39 \pm 4,26$ ml/kg/min έναντι $57,33 \pm$

7,66 ml/kg/min). Επιπρόσθετα, στην αξιολόγηση της αναερόβιας ικανότητας με τη μέθοδο Wingate δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τιμές των 2 ομάδων.

Μια πρόσφατη έρευνα ήταν αυτή του Melo και των συνεργατών του (2020) και στόχος της ήταν η σύγκριση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας μεταξύ ανδρών και γυναικών δρομέων βουνού, καθώς και η μελέτη της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη αποκάλυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ανδρών και γυναικών. Οι άνδρες δρομείς παρουσιάστηκαν να έχουν μεγαλύτερη σωματική μάζα ($64,87 \pm 7,53$ kg), μεγαλύτερο ανάστημα ($1,68 \pm 0,06$ m), μεγαλύτερο BMI ($22,99 \pm 2,61$ kg/m²) και περισσότερο ποσοστό μυϊκής μάζας (%LM) ($44,41 \pm 3,57$ %), σε αντίθεση με τις γυναίκες ($53,37 \pm 3,64$ kg, $1,58 \pm 0,06$ m, $20,89 \pm 1,53$ kg/m² και $39,93 \pm 3,31$ %) αντίστοιχα. Οι γυναίκες δρομείς είχαν μεγαλύτερο άθροισμα δερματοπτυχών 8 σημείων ($108,53 \pm 24,14$ mm), μεγαλύτερο %BF ($18,18 \pm 3,52$ %) και μεγαλύτερο ποσοστό οστικής μάζας (%BM) ($29,97 \pm 3,29$ %), σε αντίθεση με τους άντρες ($76,51 \pm 26,37$ mm, $12,45 \pm 4,75$ % και $24,87 \pm 5,34$ %BM) αντίστοιχα. Στα αποτελέσματα της καρδιοαναπνευστικής δοκιμασίας οι άνδρες έδειξαν υψηλότερες τιμές στην VO₂max ($66,56 \pm 8,81$ ml/kg/min) και στο VO₂VT₂ ($55,94 \pm 7,5$ ml/kg/min), έναντι των γυναικών ($51,62 \pm 7,92$ και $45,13 \pm 5,51$ ml/kg/min) αντίστοιχα. Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και της σύστασης σώματος παρατηρήθηκαν υψηλές συσχετίσεις. Η VO₂max συσχετίστηκε αρνητικά με το %BF και το άθροισμα των δερματοπτυχών. Επίσης, υπήρχε ισχυρή αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο %BF με το VO₂VT₂.

Ξεχωριστή αναφορά, όμως, πρέπει να γίνει και για τις μελέτες περιγραφής των φυσιολογικών και ψυχοκοινωνικών χαρακτηριστικών δρομέων βουνού και για τις ερευνητικές μελέτες που αξιολογούν τις οξείες μεταβολές των φυσιολογικών χαρακτηριστικών μετά από ένα αθλητικό γεγονός. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των ερευνών περιγράφουν τα φυσιολογικά (Alvero-Cruz et al., 2019; Balducci et al., 2016; 2017; Fornasiero et al., 2018; J. Burtscher, Gallerer, Faulhaber, & M. Burtscher, 2017; Knechtle & Rosemann, 2009; M. Burtscher, Forster, & J. Burtscher, 2008; Rogers, 2017; Scheer et al., 2018; 2019) και τα ψυχοκοινωνικά (Buck, Spittler, Reed, & Khodae, 2018; Corrion et al., 2018) χαρακτηριστικά δρομέων μεγάλων αποστάσεων βουνού. Επίσης, αρκετές είναι και οι μελέτες που διερευνούν τις οξείες μεταβολές που προκαλούνται μετά από μια αθλητική διοργάνωση στα νευρομυϊκά χαρακτηριστικά (Lazzer et al., 2015; Millet et al., 2011;

Rousanoglou et al., 2017), στην καρδιοαναπνευστική ικανότητα (Koller et al., 2006) και στη σύσταση σώματος (Ramos-Campo et al., 2016). Συνοπτικά, η βιβλιογραφική ανασκόπηση των δρομέων βουνού παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά φυσικής κατάστασης δρομέων βουνού.

Συγγραφέας	Συμμετέχοντες	Ηλικία	Βάρος	Ύψος	BMI	%BF	Km/w	VO ₂ max
Dar et al., 2020	DR (17) F (8) M (9)	41±9,5	67,1±12,1	1,71±0,08	22,7±2,8	-	38,2±16,3	-
Bean, 2018	DR (13) WT	32±6,14	75,05±4,4	1,76±0,03	24,09±1,53	-	-	-
	DR (20) F (7) M (13) WT	32±6,58	66,97±12,17	1,72±0,08	-	-	-	-
	DR (15) F (6) M (9) WT	31±6,96	65,35±13,06	1,71±0,08	-	-	-	-
Lemire et al., 2020	EN (8) WT	29±4	61,8±1,8	1,74±0,01	-	-	-	68±2,2
Melo et al., 2020	EN (32)	32±12,7	64,87±7,53	1,68±0,06	22,99±2,61	12,45±4,75 ^b	-	66,56±8,81
Oliveira-Rosado et al., 2020	ULD (44) RR (25) NL (19)	36,5±7,2	73±9,6	1,74±0,06	-	-	-	57,33±7,66
								63,39±4,26
Balducci et al., 2017	ULD (26)	41,7±9,5	72,3±5,5	1,77±0,04	23,1±1,3	-	-	-
Balducci et al., 2016	EN (10) HT	38,5±6,4	69,8±8,6	1,77±0,08	22,3±1,9	-	-	63,3±3,9
Scheer et al., 2018	EN (13) HT	31±6	69,2±7,9	1,79±0,06	21,6±2,1	8,9±4,6 ^b	80±27	59,7±5,5

Knechtle & Roseman, 2009	ULD (25)	44,5±7	73±7,8	1,78±0,0 7	22,9±1,8	13,1±3,2 ^b	79,5±28, 1	-
Scheer et al., 2019	(25) F, M	31,23±5, 12	72,72±8, 73	1,8±0,07	22,2±1,8 2	-	77,27±28, 74	59,5±5,2
Alvero-Cruz et al., 2019	EN (11)	36,1±6,5	68,09±6, 35	1,73±0,0 7	22,67±1, 62	9,96±1,3 5 ^b	-	67±7
Burtscher et al., 2008	EL (10) F (3) M (7)	45,9±8,5	64,5±7,9	1,76±0,0 7	-	-	-	67,8±6,9
Rousanoglou et al., 2017	EN (27)	41,3±3,8	80,1±8,9	1,79±0,0 7	-	-	-	-
Lazzer et al., 2015	ULD (11)	43,2±11	72,9±10, 2	1,77±0,0 7	23,1±2,4	-	69,2±23, 5	49,2±8,8
Millet et al., 2001	ULD (22)	40,2±7,4	73,4±6,4	1,78±0,0 7	-	12,6±3,3 ^b	-	54,1±4,3
Ramos-Campo et al., 2016	ULD (11) RR	29,7±10, 2	76,7±10, 3	1,79±0,0 5	23,7±2,3	-	-	-
Rogers, 2017	ULD (34) F (7) M (27)	46,5±9,3	70,8±9,7	1,8±0,1	22,4±2,4	20,7±4,6 ^b	-	57,8±6,2
Fornasiero et al., 2018	ULD (23) F (6) M (17) RR	40,2±7,3	69,2±11, 8	1,73±0,0 8	22,9±2,5	15,6±4,2 ^b	55±31	57,4±6,3

ULD= Υπερμαραθωνοδρόμοι, **F**= Female, **M**= Men, **Km/w**= Χιλιόμετρα ανά εβδομάδα, **b**= Δερματοπτυχομέτρηση, **HT**= Highly trained, **NL**= National level, **RR**= recreational, **EL**= Elite, **WT**= Well trained, **DR**= Distance runners, **EN**= Endurance runners, **BMI**= Δείκτης μάζας σώματος, **%BF**= Ποσοστό λίπους, **VO₂max**= Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.

2.4 Αξιολόγηση και σύγκριση χαρακτηριστικών δρομέων βουνού και δρόμου

Η έρευνα του Dar και των συνεργατών του (2020), διερευνά τη δομή του αχίλλειου τένοντα και τη λειτουργική αξιολόγηση των κάτω άκρων μεταξύ δρομέων μεγάλων αποστάσεων βουνού και δρόμου. Στη μελέτη συμμετείχαν 26 δρομείς δρόμου (15 άνδρες, 11 γυναίκες), ηλικίας 42,2 ± 9,1 έτη με εβδομαδιαία χιλιόμετρα 37,5 ± 20,6 Km/w και 17

δρομείς βουνού (9 άνδρες, 8 γυναίκες), ηλικίας $41 \pm 9,5$ έτη με εβδομαδιαία χιλιόμετρα $38,2 \pm 16,3$ Km/w. Η υπερηχοτομογραφία έδειξε διαφορές στην κατανομή των 4 τύπου ιών κολλαγόνου στους δρομείς δρόμου σε σύγκριση με τους δρομείς βουνού στον αχίλλειο τένοντα. Οι δρομείς δρόμου είχαν μικρότερο ποσοστό ιών κολλαγόνου τύπου 1 στο κυρίαρχο πόδι (DL) [(67,3 %) 63,1 - 71,3 %] και στο μη κυρίαρχο πόδι (NDL) [(65,4 %) 63,1 - 69,4 %] και μεγαλύτερο ποσοστό ιών κολλαγόνου τύπου 2 στο DL ($29,1 \pm 4,3$ %) και στο NDL ($29,8 \pm 3,5$ %), σε αντίθεση με τους δρομείς βουνού [DL: (74,1) 72,9 - 76,3 %, NDL: (73,4) 70,9 - 75,2 %, DL: $22,1 \pm 2,9$ % και NDL: $22,4 \pm 3,7$ %] αντίστοιχα. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην κατανομή κολλαγόνου τύπου 3 και 4 και στο εμβαδό της εγκάρσιας διατομής του αχίλλειου τένοντα ανάμεσα στα 2 γκρουπ. Στη λειτουργική αξιολόγηση των κάτω άκρων και στην ισομετρική δύναμη του ισχίου, παρόλο που υπήρχε μια τάση υψηλότερων επιδόσεων από τους δρομείς βουνού σε σχέση με τους δρομείς δρόμου, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Επίσης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην ιδιοδεκτικότητα της ποδοκνημικής ανάμεσα στις 2 ομάδες. Ανάμεσα στα 2 φύλα οι διαφορές που παρατηρήθηκαν ήταν στην ισομετρική δύναμη του ισχίου και στη δοκιμασία της τριπλής μονοποδικής αναπήδησης. Οι άνδρες εμφάνισαν υψηλότερες τιμές δύναμης και πήδηξαν μεγαλύτερη απόσταση από τις γυναίκες.

Ακόμη μία μελέτη που αξιολόγησε τα νευρομυϊκά και εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά δρομέων βουνού και δρόμου ήταν αυτή του Bean (2018). Ο παραπάνω ερευνητής πραγματοποίησε 3 ανεξάρτητες έρευνες. Η πρώτη έρευνα είχε σκοπό να περιγράψει τη λειτουργική ικανότητα των κάτω άκρων μεταξύ δρομέων βουνού και δρόμου σε 3 τεστ δυναμικής ισορροπίας, στο Star excursion balance test (SEBT), στο Single leg squat (SLS) και στο Unilateral bridge hold (UBH). Στην έρευνα συμμετείχαν 21 δρομείς βουνού (8 γυναίκες, 13 άνδρες) και 21 δρομείς δρόμου (10 γυναίκες, 11 άνδρες). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερο σωματικό βάρος ($73,89 \pm 8,2$ kg έναντι $54,84 \pm 6,94$ kg), μεγαλύτερο σωματικό ανάστημα ($1,76 \pm 0,06$ m έναντι $1,66 \pm 0,07$ m) και υψηλότερο BMI ($23,67 \pm 1,96$ kg/m² έναντι $19,65 \pm 1,76$ kg/m²) σε σύγκριση με τις γυναίκες δρομείς. Στην αξιολόγηση της ισορροπίας τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στο τεστ της SEBT και στο UBH ανάμεσα στα 2 γκρουπ των δρομέων και ανάμεσα στα 2 φύλα. Στην δοκιμασία του SLS οι δρομείς του βουνού στο τελικό στάδιο της κάμψης του γονάτου έδειξαν μεγαλύτερη έξω στροφή του γονάτου, μειώνοντας την ραιβότητα της ποδοκνημικής, σε αντίθεση με τους δρομείς του δρόμου. Ωστόσο, στη δοκιμασία του SLS δεν

παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα 2 φύλα. Η δεύτερη έρευνα στόχευε στη διερεύνηση των εμβιομηχανικών διαφορών ανάμεσα σε δρομείς βουνού και δρόμου κατά τη διάρκεια τρεξίματος σε συνθετική επιφάνεια με υπόδηση και χωρίς υπόδηση. Στην έρευνα συμμετείχαν 20 δρομείς βουνού (13 άνδρες, 7 γυναίκες) και 20 δρομείς δρόμου (11 άνδρες, 9 γυναίκες). Ανάμεσα στα γκρουπ τα αποτελέσματα (ανεξάρτητα από την κατάσταση του υποδήματος) έδειξαν ότι οι δρομείς βουνού εμφάνισαν μικρότερο μέγεθος πρηνισμού ($15,99 \pm 6,97^\circ$ έναντι $21,30 \pm 9,56^\circ$), μικρότερη γωνία κάμψης του γονάτου κατά τη φάση στήριξης ($34,71 \pm 6,77^\circ$ έναντι $42,86 \pm 7,25^\circ$) και μεγαλύτερη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους ($2,71 \pm 0,21$ BW έναντι $2,59 \pm 0,28$ BW) σε σύγκριση με τους δρομείς δρόμου. Ωστόσο δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στην οριζόντια δύναμη αντίδρασης του εδάφους ανάμεσα στις 2 ομάδες. Απεναντίας, οι δρομείς δρόμου παρουσίασαν μεγαλύτερη σκληρότητα της ποδοκνημικής (7 ± 4 Nm/° έναντι $9,27 \pm 4,59$ Nm/°), ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά στη σκληρότητα του γονάτου σε σύγκριση με τους δρομείς του βουνού. Στις χωροχρονικές παραμέτρους (ανεξάρτητα από την κατάσταση του υποδήματος) οι δρομείς βουνού είχαν μικρότερη διάρκεια βημάτων ($0,34 \pm 0,02$ sec έναντι $0,35 \pm 0,02$ sec) σε συνδυασμό με υψηλότερη συχνότητα βημάτων ($2,91 \pm 0,2$ Hz έναντι $2,83 \pm 0,18$ Hz) και μικρότερο χρόνο επαφής με το έδαφος ($0,24 \pm 0,02$ sec έναντι $0,25 \pm 0,02$ sec), σε σύγκριση με τους δρομείς δρόμου. Η τρίτη έρευνα είχε ως στόχο να συγκρίνει την μυϊκή δραστηριότητα και τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε δρομείς βουνού και δρόμου κατά τη διάρκεια τρεξίματος σε συνθετική επιφάνεια με υπόδηση και χωρίς υπόδηση. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 δρομείς βουνού (9 άνδρες, 6 γυναίκες) και 15 δρομείς δρόμου (8 άνδρες, 7 γυναίκες). Στην αξιολόγηση της μυϊκής δραστηριότητας τα αποτελέσματα (ανεξάρτητα από την κατάσταση του υποδήματος) παρουσίασαν τους δρομείς βουνού να έχουν υψηλότερη μυϊκή ενεργοποίηση του μεγάλου γλουτιαίου και του δικέφαλου μηριαίου κατά την τελική φάση αιώρησης και την αρχική φάση στήριξης σε σύγκριση με τους δρομείς δρόμου. Επιπρόσθετα, οι δρομείς βουνού παρουσίασαν υψηλότερη μυϊκή δραστηριότητα στους πρόσθιους κνημιαίους κατά την αρχική φάση αιώρησης και στον μακρύ περνιαίο κατά την τελική φάση αιώρησης. Στις εμβιομηχανικές παραμέτρους τα αποτελέσματα έδειξαν (ανεξάρτητα από την κατάσταση του υποδήματος) ότι οι δρομείς βουνού εμφανίζουν μικρότερες γωνίες κάμψης στην ποδοκνημική, στο γόνατο, στο ισχίο και στην πύελο κατά την αρχική επαφή με το έδαφος σε σύγκριση με τους

δρομείς δρόμου. Επίσης, κατά τη φάση στήριξης οι δρομείς βουνού παρουσιάζουν μικρότερες κάμψεις στο γόνατο, στο ισχίο και στην πύελο.

Ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα του Makrogiannis και των συνεργατών του (2017), που σκοπός της ήταν να ερευνήσει την προδιάθεση ανάληψης ρίσκου μεταξύ δρομέων βουνού και δρόμου. Στην έρευνα συμμετείχαν 239 δρομείς βουνού και 16 δρομείς δρόμου οι οποίοι καλούνταν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο «Αναζήτηση Διέγερση – Συναισθημάτων». Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις 2 ομάδες. Οι δρομείς βουνού εμφάνισαν υψηλότερες τιμές στους παράγοντες αναζήτησης, διέγερσης και περιπέτειας, αναζήτησης νέων εμπειριών, μη αναστολής και αποφυγής της ανίας σε σύγκριση με τους δρομείς δρόμου.

Ερευνητές όπως οι Best και Braun (2017), διερεύνησαν τις διαφορές των καρδιακών ρυθμών σε αγώνες βουνού και αγώνες δρόμου. Τα δεδομένα των καρδιακών παλμών συλλέχθηκαν από την εφαρμογή του Strava σε 111 άντρες δρομείς κατά τη διάρκεια 2 ορεινών και 2 δρομικών αγώνων. Στην έρευνα αξιολογήθηκαν 40 δρομείς βουνού και 71 δρομείς δρόμου ηλικίας $34,5 \pm 6,4$ έτη. Στα αποτελέσματα των 2 δρομικών διοργανώσεων οι καρδιακοί παλμοί των δρομέων αυξήθηκαν στο δεύτερο μισό των αγώνων σε σύγκριση με το πρώτο μισό. Επίσης, οι δρομείς βουνού δεν έδειξαν καμία διαφορά στους καρδιακούς παλμούς στο δεύτερο μισό σε σύγκριση με το πρώτο μισό των αγώνων. Όταν οι αγώνες βουνού συγκρίθηκαν με τους αγώνες δρόμου, οι δρομείς βουνού βρέθηκαν να έχουν σημαντικά μεγαλύτερη μείωση της απόδοσης ($32,4 \pm 21,3$ %) και σημαντική διαφορά των καρδιακών παλμών ($-1,1 \pm 4,4$ %) στο δεύτερο μισό των αγώνων σε σύγκριση με το πρώτο μισό των αγώνων.

Ενδιαφέρουσα υπήρξε επίσης η σύγκριση της απόδοσης κενυατών δρομέων με δρομείς άλλων εθνικοτήτων σε μαραθώνιο δρόμο και σε ορεινό μαραθώνιο σε έρευνα του Harm και των συνεργατών (2013). Οι χρόνοι των 3 πρώτων δρομέων της Κένυας συγκρίθηκαν με τους χρόνους των 3 κορυφαίων δρομέων άλλων εθνικοτήτων σε αγώνα μαραθωνίου στο βουνό και στο δρόμο. Ο μέσος χρόνος των 3 πρώτων ανδρών Κενυατών στο μαραθώνιο δρόμο ήταν 130 ± 1 min και ήταν ο δεύτερος γρηγορότερος πίσω από των 3 πρώτων Ελβετών δρομέων (129 ± 1 min). Ο μέσος χρόνος των 3 πρώτων γυναικών δρομέων την Κένυας ήταν 158 ± 4 min και ήταν ο πέμπτος γρηγορότερος πίσω από τις αθλήτριες της Ρωσίας, της Αιθιοπίας, της Ελβετίας και της Πολωνίας. Ωστόσο, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους χρόνους απόδοσης μεταξύ γυναικών και ανδρών Κενυατών δρομέων με

τους κορυφαίους ομαδικούς χρόνους των άλλων εθνικοτήτων. Όσον αφορά τον μαραθώνιο βουνού οι 3 πρώτοι Κενυάτες δρομείς πέτυχαν μέσο χρόνο 199 ± 23 min και ήταν ο ενδέκατος γρηγορότερος ομαδικός χρόνος του αγώνα. Επίσης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους καλύτερους ομαδικούς χρόνους ανάμεσα στους Κενυάτες με τους δρομείς των άλλων εθνικοτήτων. Στις γυναίκες δεν συμμετείχαν δρομείς από την Κένυα και χρησιμοποιήθηκε ο χρόνος των γυναικών δρομέων από την Αιθιοπία για την κατάταξη των Αφρικανών δρομέων. Οι γυναίκες δρομείς από την Αιθιοπία πέτυχαν μέσο χρόνο 223 ± 13 min και ήταν ο πέμπτος γρηγορότερος πίσω από τις αθλήτριες της Ελβετίας, της Γαλλίας, της Ουγγαρίας και της Γερμανίας.

2.5 Αξιολόγηση και σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών ατομικών αθλημάτων βουνού και δρόμου

Η έρευνα του Warner και των συνεργατών του (2002), εξέτασε την BMD, τη σύσταση σώματος, τη δύναμη των κάτω άκρων και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ ανδρών ποδηλάτων βουνού ($n=16$) και δρόμου ($n=15$). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε ότι οι ποδηλάτες βουνού είχαν μικρότερη σωματική μάζα ($71,1 \pm 5,1$ Kg), μικρότερο %BF ($11,5 \pm 2,7$ %) και μεγαλύτερη VO_2max ($67,4 \pm 4,6$ ml/kg/min) σε σχέση με τους ποδηλάτες δρόμου ($78,7 \pm 9,3$ Kg, $15,6 \pm 4\%$ και $60,8 \pm 3,6$ ml/kg/min) αντίστοιχα. Οι ποδηλάτες δρόμου ήταν μεγαλύτεροι σε ηλικία ($31,4 \pm 5,5$ έτη έναντι $26,2 \pm 5$ έτη) και είχαν μεγαλύτερη προπονητική ηλικία ($9,9 \pm 4,4$ έτη) από του βουνού ($5,9 \pm 2,8$ έτη), ωστόσο χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά στις ώρες προπόνησης την εβδομάδα ανάμεσα στα 2 γκρουπ. Λόγω σημαντικών διαφορών στη σωματική μάζα μεταξύ των ομάδων, η BMD προσαρμόστηκε διαιρώντας την με τη σωματική μάζα BMD/wt. Η BMD/wt ήταν σημαντικά υψηλότερη σε όλες τις περιοχές του σώματος που αξιολογήθηκαν στους ποδηλάτες βουνού σε σύγκριση με τους ποδηλάτες του δρόμου. Στην αξιολόγηση των κάτω άκρων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη δύναμη και ισχύ ανάμεσα στις 2 ομάδες. Η ανάλυση συσχέτισης έδειξε ότι η συνολική BMD συσχετίστηκε θετικά με την LM, τη συνολική σωματική μάζα και τη μυϊκή δύναμη και ισχύ, ενώ δεν υπήρξε σχέση με την FM και την VO_2max .

Μια άλλη έρευνα, που σύγκρινε αθλητές του ίδιου αθλήματος σε επιφάνειες του βουνού και δρόμου ήταν αυτή του Zaton, Dabrowski και Bugajski, (2014). Σκοπός της μελέτης

ήταν να συγκρίνει τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά ανταγωνιστικών ποδηλατών βουνού (MTB) και δρόμου και να προσδιορίσει τις σωματομετρικές μεταβλητές που επηρεάζουν την αερόβια ικανότητα. Στην έρευνα πήραν μέρος 75 ποδηλάτες δρόμου ηλικίας $17,8 \pm 0,81$ έτη και 25 ποδηλάτες βουνού ηλικίας $16,8 \pm 0,82$ έτη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι ποδηλάτες δρόμου είχαν μεγαλύτερη σωματική μάζα ($68,09 \pm 5,65$ kg), μεγαλύτερο σωματικό ανάστημα ($1,78 \pm 0,05$ m), μεγαλύτερο ποσό παραγόμενου έργου ($302,80 \pm 49,51$ kJ), περισσότερη FFM ($62,04 \pm 4,38$ kg), και είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα νερού σώματος ($45,58 \pm 3,23$ l) σε σχέση με τους MTB ($64,84 \pm 5,79$ kg, $1,75 \pm 0,06$ m, $249,92 \pm 50,39$ kJ, $59,16 \pm 4,68$ kg και $43,43 \pm 3,46$ l).

Ακόμη μία έρευνα που σύγκρινε ανταγωνιστικούς ποδηλάτες ήταν αυτή του Lee, Martin, Anson, Grundy και Hahn, (2002). Στόχος της μελέτης ήταν να συγκρίνει τα ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά ποδηλατών βουνού και δρόμου. Στην έρευνα πήραν μέρος 7 ποδηλάτες βουνού ηλικίας $24,4 \pm 3,4$ έτη και 7 ποδηλάτες δρόμου ηλικίας $24,2 \pm 4,9$ έτη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι ποδηλάτες δρόμου παρουσίασαν μεγαλύτερη σωματική μάζα ($74,7 \pm 3,8$ kg), μεγαλύτερο άθροισμα δερματοπτυχών 7 σημείων ($44,5 \pm 10,8$ mm) και μεγαλύτερο ποσοστό %BF ($7,9 \pm 1,8$ %), σε αντίθεση με τους ποδηλάτες βουνού ($65,3 \pm 6,5$ kg, $33,9 \pm 5,7$ mm και $6,1 \pm 1$ %). Επίσης, οι ποδηλάτες βουνού εμφάνισαν μεγαλύτερες σχετικές τιμές στην VO_{2peak} , στη μέγιστη ισχύ και στη μέση παραγόμενη ισχύ ($78,3 \pm 4,4$ ml/kg/min, $6,3 \pm 0,5$ W/kg και $5,5 \pm 0,5$ W/kg) σε αντίθεση με τους ποδηλάτες δρόμου ($73 \pm 3,4$ ml/kg/min, $5,8 \pm 0,3$ W/kg και $4,9 \pm 0,3$ W/kg) αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση και σύγκριση μεταξύ των πληθυσμών των δρομέων μεγάλων αποστάσεων του δρόμου, παρά στους δρομείς μεγάλων αποστάσεων του βουνού. Επίσης, αρκετές ήταν οι έρευνες που αναφέρθηκαν στην περιγραφή των χαρακτηριστικών και των οξείων μεταβολών μετά από ένα παρεμβατικό πρόγραμμα ή αθλητικό αγώνα των δρομέων μεγάλων αποστάσεων. Επιπρόσθετα, αν και βρέθηκαν 5 έρευνες που συγκρίνουν δρομείς βουνού και δρόμου, καμία δεν αξιολόγησε τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά αυτών των 2 πληθυσμών. Επομένως, είναι σημαντικό το γεγονός ότι η παρούσα μελέτη έχει στόχο να αξιολογήσει και να συγκρίνει τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά δρομέων μεγάλων αποστάσεων βουνού και δρόμου.

III. Μεθοδολογία

3.1 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 30 δρομείς μεγάλων αποστάσεων (16 δρόμου και 14 βουνού) από συλλόγους δρομέων μαζικού αθλητισμού των νομών Τρικάλων, Λάρισας και Λαμίας, ηλικίας 25-45 ετών. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται η ηλικία, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, η προπονητική ηλικία, οι προπονητικές μονάδες και τα διανυόμενα χιλιόμετρα ανά εβδομάδα των δύο ομάδων. Έλαβαν μέρος αθλητές που δεν είχαν κάποιο πρόβλημα υγείας και αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι δοκιμαζόμενοι συμπλήρωσαν ιατρικό ερωτηματολόγιο πριν την έναρξη της μελέτης. Όλες οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν ήταν σε πλήρη συμφωνία με τη διακήρυξη του Ελσίνκι του 1975, όπως αυτή αναδιαμορφώθηκε το 2000, ενώ έγκριση για τη διεξαγωγή της έρευνας χορηγήθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

3.2 Περιγραφή οργάνων

Μέτρηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών: Για τη μέτρηση του αναστήματος χρησιμοποιήθηκε ειδικό σταθερό αναστημόμετρο (Seca model 220, Seca, Hamburg, Germany). Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας (Seca model 755, Seca, Hamburg, Germany).

Μέτρηση σύστασης σώματος: Για τη μέτρηση σύστασης σώματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της απορροφησιομετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων X (DXA; GE Lunar DPX Pro Corporation, Madison, WI).

Αξιολόγηση κινητικότητας: Για την αξιολόγηση της κινητικότητας πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία δίπλωσης του κορμού (sit-and-reach test). Η δοκιμασία έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες και έχει αποδειχθεί ότι είναι μία έγκυρη αξιολόγηση ευλυγισίας των οπίσθιων μηριαίων (Trehearn & Buresh, 2009). Χρησιμοποιήθηκαν δύο προσπάθειες (διάλειμμα 10s) και επιλέχθηκε η καλύτερη.

Αξιολόγηση της μυϊκής ισχύς των κάτω άκρων: Για τη μέτρηση των κατακόρυφων αλμάτων χρησιμοποιήθηκε πλατφόρμα επαφής. Ergojump (Newtest, Finland).

Αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων: Για τη μέτρηση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής των εκτεινόντων και καμπτήρων του γονάτου χρησιμοποιήθηκε το ισοκινητικό μηχάνημα Cybex 770 (Lymex Corporation, Ronkhoma, NY).

Αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max): Ο προσδιορισμός της VO_2max έγινε με τη χρησιμοποίηση ενός πρωτοκόλλου, σταδιακής αυξανόμενης ταχύτητας, σε ένα κυλιόμενο διάδρομο (Stex 8025 T, Korea). Οι τιμές του O_2 και CO_2 του εκπνεόμενου αέρα αναλύθηκαν από έναν αναλυτή αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) ενώ η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας έγινε με τη χρήση ενός Polar F1 (Polar, Finland).

3.3 Διαδικασία μετρήσεων

Οι μετρήσεις για τη συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν σε δύο ξεχωριστές φάσεις (ημέρες), μεταξύ των οποίων μεσολαβούσε ένα διάστημα από τριών έως πέντε ημερών. Μία ημέρα πριν τις μετρήσεις δίνονταν οδηγίες ώστε οι αθλητές να απέχουν από έντονη άσκηση τις τελευταίες 48 ώρες, να προσέλθουν ενυδατωμένοι (250 mL την τελευταία ώρα) και χωρίς να έχουν καταναλώσει αλκοόλ τις τελευταίες 24 ώρες και φαγητό ή καφεΐνη 3 ώρες πριν την άφιξη στο εργαστήριο. Η διαδικασία των αξιολογήσεων πραγματοποιήθηκαν στο Κέντρο Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ) του ΤΕΦΑΑ του Π.Θ. Η εκτέλεση των αξιολογήσεων πραγματοποιήθηκαν σε ελεγχόμενη θερμοκρασία με κλιματισμό από 21,5-25,5°C και ποσοστό υγρασίας $70 \pm 6,4\%$.

Κατά την πρώτη φάση, αφού οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν σχετικά με τη διαδικασία των μετρήσεων, δόθηκαν ερωτηματολόγια για τη συμπλήρωση σχετικά με τις επιδόσεις τους σε αγώνες Μαραθωνίου και Ημιμαραθωνίου, για την προπόνησή τους και για οποιοδήποτε πρόβλημα υγείας. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να βγάλουν τα ρούχα τους και να αφαιρέσουν οτιδήποτε μεταλλικό είχαν πάνω τους και να μείνουν με το σορτς και με τις κάλτσες για τη μέτρηση του αναστήματος και του σωματικού βάρους. Κατά τη μέτρηση του βάρους ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να καταλείψουν το βάρος τους και στα δυο πόδια τη στιγμή που βρίσκονταν πάνω στη ζυγαριά, ενώ το βλέμμα τους να βλέπει ευθεία εμπρός. Κατά την μέτρηση του ύψους ο δοκιμαζόμενος στεκόταν όρθιος με το βλέμμα του στραμμένο ευθεία εμπρός.

Για την αξιολόγηση της ευλυγισίας των οπίσθιων μηριαίων χρησιμοποιήθηκε το τεστ sit and reach, με την αρχική γραμμή να ορίζεται στα 23 εκατοστά. Στην αρχή πραγματοποιήθηκε προθέρμανση σε δαπεδοεργόμετρο διάρκειας 8 λεπτών στην ταχύτητα των 8 km και στη συνέχεια στατικές διατάσεις διάρκειας 5 λεπτών. Ο κάθε συμμετέχων τοποθετούνταν σε εδραία θέση με τα πόδια να εφάπτονται στο έδαφος και τα πέλματα σε πλήρη επαφή με το κιβώτιο. Ο δοκιμαζόμενος πραγματοποιούσε 2 προσπάθειες (με διάλειμμα 10 δευτερολέπτων) ωθώντας το μεταλλικό δείκτη όσο πιο μακριά μπορούσε και προσπαθώντας να παραμείνει στην τελική θέση τουλάχιστον για 2 δευτερόλεπτα.

Για την αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας εκτελέστηκαν τα άλματα από ημικάθισμα (SJ) και το άλμα με υποχωρητική φάση (CMJ). Στους δοκιμαζόμενους αρχικά έγινε περιγραφή και επίδειξη για τον τρόπο εκτέλεσης των αλμάτων και δόθηκαν οι κατάλληλες οδηγίες, όπως «χέρια στη μεσολαβή», «γρήγορη ώθηση και όσο το δυνατόν ψηλότερα» και «γόνατα ευθεία στη φάση αιώρησης». Αρχικά εκτέλεσαν 3 άλματα SJ με 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ τους και μετά από 3 λεπτά διάλειμμα εκτέλεσαν 3 άλματα με προδιάταση με 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ τους. Καταγράφηκε η καλύτερη προσπάθεια.

Στο τέλος της 1^{ης} μέρας των μετρήσεων αξιολογήθηκε η δύναμη των κάτω άκρων με ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex 770, USA). Αξιολογήθηκε η ομόκεντρη ισοκινητική ροπή των δύο κάτω άκρων στην κάμψη και στην έκταση στις γωνιακές ταχύτητες 60 °/s και 180 °/s. Στη συνέχεια αξιολογήθηκε και η έκκεντρη ισοκινητική ροπή των δύο άκρων στην κάμψη και στην έκταση στη γωνιακή ταχύτητα που αντιστοιχούσε στις 60 °/s. Αρχικά δόθηκαν στους δοκιμαζόμενους λεπτομερείς οδηγίες για την πραγματοποίηση της αξιολόγησης και κατά τη διάρκεια της μέτρησης δινόταν ανατροφοδότηση για την ορθή εκτέλεση της άσκησης και προφορική ενθάρρυνση καθ' όλη τη διάρκεια του τεστ για την μεγιστοποίηση της απόδοσης των δοκιμαζόμενων. Ο δοκιμαζόμενος τοποθετήθηκε και σταθεροποιήθηκε στο κάθισμα με ιμάντες, ενώ σταθεροποιήθηκε και το κάτω μέρος της κνήμης του στο άκρο του μοχλοβραχίονα κίνησης. Στη συνέχεια το κέντρο της άρθρωσης του γόνατος ευθυγραμμίστηκε με τον άξονα περιστροφής του δυναμόμετρου. Κάθε συμμετέχων πραγματοποίησε μια σειρά 4 επαναλήψεων που αποτελούσε την προθέρμανση, με σκοπό την εξοικείωσή του με τη διάρκεια της μέτρησης. Στη συνέχεια, μετά από διάλειμμα δύο λεπτών, πραγματοποιούνταν μια σειρά 4 επαναλήψεων που αποτελούσε την κύρια μέτρηση. Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης του ενός κάτω άκρου, πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του άλλου κάτω άκρου, μετά από διάλειμμα τεσσάρων λεπτών.

Στη δεύτερη φάση των μετρήσεων, αρχικά αξιολογήθηκε η σύσταση σώματος με τη μέθοδο της απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτίνων Χ. Η ηλικία, το σωματικό ανάστημα, η σωματική μάζα και η εθνικότητα εισάγονταν στον υπολογιστή και ο κάθε συμμετέχων τοποθετούνταν σε ύπτια θέση στο κέντρο του μηχανήματος για την πλήρη σάρωση του σώματος. Αξιολογήθηκε η οστική πυκνότητα (BMD), η οστική μάζα (BMC), η λιπώδης μάζα (FM), η μυϊκή μάζα (LM), το ποσοστό λίπους (%BF) και μυϊκή άλιπη μάζα (FFM). Επίσης, το μηχάνημα (DXA) έχει τη δυνατότητα να αξιολογεί ανά περιοχή του σώματος, με αποτέλεσμα να αξιολογηθεί η οστική πυκνότητα των κάτω άκρων (LBMD), η οστική μάζα των κάτω άκρων (LBMC) και η μυϊκή μάζα των κάτω άκρων (LegLM).

Τέλος, για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας πραγματοποιήθηκε το τεστ της μέγιστης πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max). Η διαδικασία μέτρησης πραγματοποιούνταν μετά από μια προθέρμανση 10 λεπτών (περιελάμβανε χαλαρό τρέξιμο 6 min στην ταχύτητα των 8 km και 4 min στατικές διατάσεις). Πριν από κάθε δοκιμασία πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του εργοσπιρόμετρου, στη συνέχεια ο ασκούμενος φορούσε τη μάσκα και τη ζώνη του καρδιοσυχνόμετρου και ανέβαινε στον κυλιόμενο διάδρομο, όπου ελέγχονταν η σωστή λειτουργία των παραπάνω οργάνων. Ως αρχική ταχύτητα επιλέχτηκαν τα 11 km/h, ενώ η ένταση αυξάνονταν σταδιακά κατά 1 km/h κάθε 2 λεπτά με τη κλίση του δαπεδοεργόμετρου να είναι σταθερή στις 1%. Κατά την διάρκεια του τεστ και ιδιαίτερα προς το τέλος, όπου η κούραση κατέβαλλε σωματικά και ψυχολογικά τους δοκιμαζόμενους, δινόταν προφορική ενθάρρυνση για τη συνέχιση της άσκησης. Ως τιμή της VO_2max ορίστηκε η μεγαλύτερη τιμή κατανάλωσης οξυγόνου που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας, της οποίας η ταχύτητα (vVO_2max) διατηρήθηκε τουλάχιστον 1 λεπτό. Επίσης, καταγράφηκε και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα. Τα κριτήρια για την εγκυρότητα της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ήταν τα ακόλουθα:

1. Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (220 μείον την ηλικία).
2. Αναπνευστικό πηλίκο (RER) >1.15.
3. Εμφάνιση «πλατώ» στην πρόσληψη οξυγόνου.

Η ύπαρξη δυο τουλάχιστον από τα παραπάνω κριτήρια ήταν απαραίτητη για να θεωρηθεί η δοκιμασία έγκυρη.

3.4 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πακέτο IBM SPSS Statistics 21 και αυτή περιλάμβανε:

- Περιγραφική στατιστική (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) των εξεταζόμενων μεταβλητών.
- Ανάλυση T-test για ανεξάρτητα δείγματα (Independent samples T-test) για αποκάλυψη διαφορών μεταξύ δρομέων βουνού και δρόμου για τις εξεταζόμενες μεταβλητές.
- Ανάλυση συσχέτισης (Pearson Product Correlation Coefficient) για την εξέταση των σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.
- Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

IV. Αποτελέσματα

4.1 Αποτελέσματα ανθρωπομετρικών και προπονητικών χαρακτηριστικών

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των ανθρωπομετρικών και προπονητικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά, εκτός από τις προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα ανάμεσα στις δύο ομάδες ($t_{28} = 2,146$, $p < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα οι δρομείς δρόμου ($7 \pm 1,82$ TU/w) πραγματοποίησαν περισσότερες προπονήσεις την εβδομάδα σε σχέση με τους δρομείς βουνού ($5,86 \pm 1,02$ TU/w).

Πίνακας 3. Ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά του δείγματος (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες	
	Δρομείς δρόμου (n=16)	Δρομείς βουνού (n=14)
Ηλικία (έτη)	37,08 \pm 8,74	36,53 \pm 7,49
Σωματική μάζα (Kg)	68,85 \pm 5,55	72,67 \pm 5,82
Ανάστημα (m)	1,76 \pm 0,06	1,77 \pm 0,04
BMI (Kg/m ²) *	21,95 \pm 1,79	23,1 \pm 1,39
Χιλιόμετρα ανά εβδομάδα (Km/w)	96,56 \pm 30,69	102,86 \pm 30,99
Προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα (TU/w)	7 \pm 1,82*	5,86 \pm 1,02
Προπονητική ηλικία (έτη)	8,44 \pm 2,22	8,36 \pm 4,56

BMI: Δείκτης μάζας σώματος, * $p < 0,05$

4.2 Αποτελέσματα φυσιολογικών χαρακτηριστικών

Σύσταση σώματος

Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της σύστασης σώματος των συμμετεχόντων. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η συνολική οστική

πυκνότητα ($1,32 \pm 0,08 \text{ g/cm}^2$) και η οστική πυκνότητα των κάτω άκρων ($1,47 \pm 0,11 \text{ g/cm}^2$) των δρομέων δρόμου είναι υψηλότερη από των δρομέων βουνού ($1,30 \pm 0,09 \text{ g/cm}^2$, $1,44 \pm 0,09 \text{ g/cm}^2$), χωρίς όμως αυτή η διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική ($t_{28} = 0,613$, $p > 0,05$, $t_{28} = 0,848$, $p > 0,05$). Οι δρομείς βουνού εμφάνισαν μεγαλύτερη συνολική οστική μάζα ($3.246 \pm 294 \text{ g}$) και οστική μάζα των κάτω άκρων ($1.288 \pm 107 \text{ g}$) από τους δρομείς δρόμου ($3.195 \pm 288 \text{ g}$, $1.271 \pm 124 \text{ g}$), χωρίς να υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά ($t_{28} = 0,477$, $p > 0,05$, $t_{28} = 0,410$, $p > 0,05$). Επίσης, οι δρομείς βουνού είχαν υψηλότερο ποσοστό λίπους ($16,45 \pm 6,03 \%$), περισσότερη άλιπη μυϊκή μάζα ($60.236 \pm 5.181 \text{ g}$) και υψηλότερη μυϊκή μάζα των κάτω άκρων ($20.037 \pm 1.908 \text{ g}$) από τους δρομείς δρόμου ($15,45 \pm 5,88 \%$, $58.076 \pm 3.635 \text{ g}$, $19.274 \pm 1.516 \text{ g}$) χωρίς αυτές οι διαφορές να είναι στατιστικά σημαντικές ($t_{28} = 0,456$, $p > 0,05$, $t_{28} = 1,335$, $p > 0,05$ και $t_{28} = -1,220$, $p > 0,05$).

Πίνακας 4. Σύσταση σώματος (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες	
	Δρομείς δρόμου (n=16)	Δρομείς βουνού (n=14)
Συνολική οστική πυκνότητα (g/cm^2)	$1,32 \pm 0,08$	$1,30 \pm 0,09$
Συνολική οστική μάζα (g)	3.195 ± 288	3.246 ± 294
Οστική πυκνότητα κάτω άκρων (g/cm^2)	$1,47 \pm 0,11$	$1,44 \pm 0,09$
Οστική μάζα κάτω άκρων (g)	1.271 ± 124	1.288 ± 107
Ποσοστό λίπους (%)	$15,45 \pm 5,88$	$16,45 \pm 6,03$
Άλιπη μυϊκή μάζα (g)	58.076 ± 3.635	60.236 ± 5.181
Μυϊκή μάζα κάτω άκρων (g)	19.274 ± 1.516	20.037 ± 1.908

Καρδιοαναπνευστική αντοχή

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) των δεικτών της καρδιοαναπνευστικής αντοχής. Όσον αφορά τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($t_{28} = -1,361$, $p > 0,05$) και τη ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($t_{28} = 1,008$, $p > 0,05$) από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες. Πιο συγκεκριμένα οι δρομείς βουνού είχαν μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

60,76 ± 5,85 ml/kg/min και ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου 16,96 ± 1,4 km/h, ενώ οι δρομείς δρόμου είχαν 57,59 ± 6,75 ml/kg/min και 17,64 ± 2,13 km/h αντίστοιχα.

Πίνακας 5. Καρδιοαναπνευστική αντοχή (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες	
	Δρομείς δρόμου (n=16)	Δρομείς βουνού (n=14)
VO ₂ max (ml/kg/min)	57,59 ± 6,75	60,76 ± 5,85
vVO ₂ max (km/h)	17,64 ± 2,13	16,96 ± 1,40

Ευλυγισία

Στον πίνακα 6 παρουσιάζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της κινητικότητας των οπίσθιων μηριαίων. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η ευλυγισία των δρομέων βουνού (36,8 ± 9,4 cm) είναι καλύτερη από των δρομέων δρόμου (32,7 ± 8,9 cm), χωρίς όμως η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική ($t_{28} = -1,262$, $p > 0,05$).

Πίνακας 6. Ευλυγισία (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες	
	Δρομείς δρόμου (n=16)	Δρομείς βουνού (n=14)
Sit and Reach (cm)	32,7 ± 8,9	36,8 ± 9,4

Κατακόρυφη αλτική ικανότητα

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας των συμμετεχόντων. Όπως ήταν αναμενόμενο, στο άλμα με προδιάταση παρατηρήθηκαν καλύτερες επιδόσεις απ' ό,τι στο άλμα από ημικάθισμα. Όσον αφορά το άλμα από ημικάθισμα ($t_{28} = 1,417$, $p > 0,05$) και το άλμα με προδιάταση ($t_{28} = 1,502$, $p > 0,05$), από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ δρομέων δρόμου και βουνού. Πιο συγκεκριμένα οι δρομείς δρόμου είχαν άλμα από ημικάθισμα 29,91 ± 5,48 cm και άλμα με προδιάταση 33,62 ± 6,24 cm, ενώ οι δρομείς βουνού είχαν 27,05 ± 5,58 cm και 30,61 ± 4,42 cm αντίστοιχα.

Πίνακας 7. Κατακόρυφη αλτική ικανότητα (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες	
	Δρομείς δρόμου (n=16)	Δρομείς βουνού (n=14)
Squat Jump (cm)	29,91 \pm 5,48	27,05 \pm 5,58
Countermovement Jump (cm)	33,62 \pm 6,24	30,61 \pm 4,42

Ισοκινητική αξιολόγηση

Στον πίνακα 8 παρουσιάζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ισοκινητικής αξιολόγησης των συμμετεχόντων. Η έκκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων του γονάτου των κάτω άκρων εμφάνισε μεγαλύτερες τιμές από την ομόκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων του γονάτου των κάτω άκρων αντίστοιχα. Επίσης, στην αξιολόγηση της γρήγορης γωνιακής ταχύτητας οι εκτείνοντες και καμπτήρες του γονάτου ανέπτυξαν μικρότερη ισοκινητική ροπή απ' ό,τι στις πιο αργές γωνιακές ταχύτητες. Επιπρόσθετα, οι τιμές των καμπτήρων ήταν μικρότερες των τιμών των εκτεινόντων αντίστοιχα. Όσον αφορά την διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομόκεντρη και έκκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων των κάτω άκρων σε οποιαδήποτε ταχύτητα μεταξύ των δρομέων βουνού και δρόμου.

Πίνακας 8. Ισοκινητική αξιολόγηση (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες	
	Δρομείς δρόμου (n=16)	Δρομείς βουνού (n=14)
CON_EXT_60 $^{\circ}$ /s (Nm)	191 \pm 31	183 \pm 34
CON_FLX_60 $^{\circ}$ /s (Nm)	104 \pm 16	104 \pm 23
CON_EXT_180 $^{\circ}$ /s (Nm)	131 \pm 26	125 \pm 25
CON_FLX_180 $^{\circ}$ /s (Nm)	78 \pm 17	73 \pm 15
ECC_EXT_60 $^{\circ}$ /s (Nm)	238 \pm 56	224 \pm 59
ECC_FLX_60 $^{\circ}$ /s (Nm)	126 \pm 27	135 \pm 34
CON_EXT_60 $^{\circ}$ /s (Nm/kg)	2,66 \pm 0,33	2,52 \pm 0,39
CON_FLX_60 $^{\circ}$ /s (Nm/kg)	1,43 \pm 0,16	1,42 \pm 0,27

CON_EXT_180 °/s (Nm/kg)	1,83 ± 0,30	1,72 ± 0,28
CON_FLX_180 °/s (Nm/kg)	1,08 ± 0,20	1,01 ± 0,18
ECC_EXT_60 °/s (Nm/kg)	3,32 ± 0,68	3,08 ± 0,71
ECC_FLX_60 °/s (Nm/kg)	1,80 ± 0,33	1,85 ± 0,40

CON= Ομόκεντρη, ECC= Έκκεντρη, EXT= Εκτείνοντες, FLX= Καμπτήρες

4.3 Συσχετίσεις μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των κατακόρυφων αλμάτων με τις ισοκινητικές δοκιμασίες. Το κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα και το άλμα με προδιάταση συσχετίσθηκαν με την απόλυτη και σχετική ομόκεντρη μέγιστη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων του γονάτου στην ταχύτητα των 180 °/s.

Πίνακας 9. Συσχετίσεις μεταξύ αλμάτων και ισοκίνησης.

Δοκιμασίες	CON_EXT_180 (Nm)	CON_FLX_180 (Nm)	CON_EXT_180 (Nm/kg)	CON_FLX_180 (Nm/kg)
SJ [#]	,459*	,381*	,566**	,440*
CMJ [#]	,460*	,383*	,619***	,483**

*p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001, #p<0,001

V. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να αξιολογηθούν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και η διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων δρόμου και βουνού. Πιο αναλυτικά συγκρίθηκαν τα ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά, η σύσταση σώματος, η καρδιοαναπνευστική αντοχή, η ευλυγισία, η ισοκινητική αξιολόγηση των κάτω άκρων και η κατακόρυφη αλτική ικανότητα μεταξύ των δρομέων. Από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και στη σύσταση σώματος. Πιο συγκεκριμένα, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δρομέων δρόμου και βουνού στη σωματική μάζα, στο ανάστημα, στο BMI και στην ηλικία. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό λίπους, στην άλιπη μυϊκή μάζα, στη μυϊκή μάζα των κάτω άκρων, στη συνολική οστική πυκνότητα, στην οστική πυκνότητα των κάτω άκρων, στη συνολική οστική μάζα και στην οστική μάζα των κάτω άκρων. Από τα αποτελέσματα στα προπονητικά χαρακτηριστικά η μοναδική στατιστικά σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν στις προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα. Οι δρομείς δρόμου πραγματοποιούσαν περισσότερες προπονητικές μονάδες στο διάστημα μιας εβδομάδας, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην προπονητική ηλικία και στα χιλιόμετρα ανά εβδομάδα μεταξύ των δρομέων. Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στην αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και συγκεκριμένα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και στη ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου. Επιπλέον, από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αξιολόγηση της ευλυγισίας, στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα και στην ισοκινητική αξιολόγηση μεταξύ των δρομέων δρόμου και βουνού. Πιο συγκεκριμένα, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στο άλμα από ημικάθισμα και στο άλμα με προδιάταση. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομόκεντρη μέγιστη ροπή των κάτω άκρων στην κάμψη και στην έκταση στη γωνιακή ταχύτητα των 60 °/s και 180 °/s, στη σχετική με τη σωματική μάζα ομόκεντρη μέγιστη ροπή και στην έκκεντρη μέγιστη ροπή των κάτω άκρων στην κάμψη και στην έκταση στη γωνιακή ταχύτητα των 60 °/s και επίσης στη σχετική με τη σωματική μάζα έκκεντρη μέγιστη ροπή.

Σύσταση σώματος

Από τη βιβλιογραφία έχουν βρεθεί αρκετές έρευνες στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη σύσταση σώματος μεταξύ αθλητών του ίδιου επιπέδου απόδοσης και του ίδιου αγωνίσματος ενισχύοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Ο Gordon και οι συνεργάτες του (2017), στην έρευνά τους, δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντική διαφορά στη σωματική μάζα και στο δείκτη μάζας σώματος ανάμεσα σε ερασιτέχνες δρομείς, που υποδιαιρέθηκαν με βάση την απόδοσή τους στο μαραθώνιο σε πέντε γκρουπ. Με τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας συμφωνούν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, στην οποία επίσης δεν βρέθηκε διαφορά στο δείκτη μάζας σώματος μεταξύ δρομέων δρόμου και βουνού. Αντίθετα αποτελέσματα παρουσιάζει η έρευνα του Ogueta-Alday και των συνεργατών του (2018), στην οποία παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο δείκτη μάζας σώματος και στη σωματική μάζα ανάμεσα σε δρομείς οι οποίοι κατατάχθηκαν σε τέσσερα γκρουπ ανάλογα με το χρόνο απόδοσης τους σε αγώνα ημιμαραθωνίου. Οι δρομείς των δύο καλύτερων γκρουπ εμφάνισαν μικρότερες τιμές στο δείκτη μάζας σώματος και στη σωματική μάζα, κάτι που πιθανόν να οφείλεται στη διαφορά επιπέδου μεταξύ των δρομέων. Ακόμη, σε μία έρευνα του Mooses και των συνεργατών του (2013A), δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο δείκτη μάζας σώματος, στη σωματική μάζα, στο ποσοστό λίπους και στη συνολική μυϊκή μάζα ανάμεσα σε δρομείς μεγάλων και μεσαίων αποστάσεων. Επίσης, σε μία άλλη έρευνα του ίδιου ερευνητή (Mooses et al., 2013B) δεν βρέθηκε διαφορά στο δείκτη μάζας σώματος, στη σωματική μάζα, και στη συνολική μυϊκή μάζα μεταξύ δρομέων πολύ καλού επιπέδου και ερασιτεχνών. Αντίθετα με την παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό λίπους λόγω της διαφοράς επιπέδου μεταξύ των δρομέων (το ένα γκρουπ ήταν υψηλά προπονημένοι δρομείς ενώ το άλλο ήταν μέτρια προπονημένοι δρομείς). Με την παραπάνω έρευνα συμφωνεί και η έρευνα του Zillmann και των συνεργατών (2013), στην οποία βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό λίπους και στη σωματική μάζα και δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο δείκτη μάζας σώματος ανάμεσα σε ερασιτέχνες ημιμαραθωνοδρόμους και ερασιτέχνες μαραθωνοδρόμους. Αυτή η διαφορά σχετίζεται με τον χαμηλότερο όγκο προπόνησης των ημιμαραθωνοδρόμων, πιθανότατα λόγω της μικρότερης αγωνιστικής απόστασης. Επιπρόσθετα, με τις προηγούμενες έρευνες, καθώς και με την παρούσα, συμφωνούν τα αποτελέσματα της μελέτης του Rust και των

συνεργατών του (2012), στην οποία δε βρέθηκε διαφορά στη σωματική μάζα, στο δείκτη μάζας σώματος και στο ποσοστό λίπους ανάμεσα σε ερασιτέχνες μαραθωνοδρόμους και υπερμαραθωνοδρόμους των 100 km. Αξίζει να σημειωθεί ότι με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνεί η μελέτη της Roelofs και των συνεργατών της (2015), στην οποία δεν βρέθηκε διαφορά στο δείκτη μάζας σώματος, στη σωματική μάζα, στη συνολική οστική πυκνότητα, στη συνολική μυϊκή μάζα, στη μυϊκή μάζα των κάτω άκρων και στο ποσοστό λίπους σε άνδρες και γυναίκες δρομείς ανωμάλου δρόμου που είχαν παρουσιάσει κάταγμα κοπώσεως σε σύγκριση με δρομείς του ίδιου φύλου που δεν παρουσίασαν ιστορικό του ίδιου τραυματισμού. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα του Oliveira-Rosado και των συνεργατών του (2020), η οποία πραγματοποιήθηκε σε άνδρες δρομείς υπεραποστάσεων βουνού ανάμεσα σε ερασιτέχνες και εθνικού επιπέδου δρομείς. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την παρούσα έρευνα στη οποία δεν παρατηρήθηκε διαφορά στο σωματικό βάρος. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζει και η εργασία του Bean (2018), η οποία πραγματοποιήθηκε σε δρομείς δρόμου και βουνού του ίδιου επιπέδου απόδοσης, στην οποία δεν βρέθηκαν διαφορές στη σωματική μάζα και στο δείκτη μάζας σώματος ανάμεσα στις δύο ομάδες.

Προπονητικά χαρακτηριστικά

Η πιο εντυπωσιακή διαφορά μεταξύ των γκρουπ ήταν οι προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα, με τους δρομείς δρόμου ($7 \pm 1,82$ TU/w) να εκτελούν περισσότερες προπονήσεις στη διάρκεια μιας εβδομάδας σε σχέση με τους δρομείς βουνού ($5,86 \pm 1,02$ TU/w). Ωστόσο, σε σύγκριση με ελίτ και εθνικού επιπέδου δρομείς που εκτελούν $14,1 \pm 5,2$ TU/w, αυτές οι προπονητικές μονάδες είναι σημαντικά χαμηλότερες (Gordon et al., 2017).

Καρδιοαναπνευστική αντοχή

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει εστιάσει στην αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, επιβεβαιώνοντας τη σημασία του φυσιολογικού παράγοντα που συνδέεται με την απόδοση του τρεξίματος στις μεγάλες αποστάσεις (Lanferdini et al., 2020; Nikolaidis et al., 2018). Στην αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δρομείς βουνού έχουν υψηλότερη μέγιστη πρόσληψη

οξυγόνου, παρά την μικρότερη ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου σε σύγκριση με τους δρομείς δρόμου, χωρίς όμως να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο γκρουπ. Η διαφορά στη ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ίσως οφείλεται στο πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, που ίσως να είναι πιο κατάλληλο για δρομείς δρόμου. Γενικά, οι δρομείς δρόμου (VO_{2max} : 57,59 ml/kg/min) της παρούσας έρευνας έδειξαν παρόμοιες τιμές με προηγούμενες μελέτες που ερεύνησαν ερασιτέχνες δρομείς (Ferley et al., 2014; Gordon et al., 2017; Ogueta-Alday et al., 2018). Ακόμη, οι δρομείς βουνού (VO_{2max} : 60,76 ml/kg/min) έδειξαν παρόμοιες τιμές με μελέτες που ερεύνησαν ερασιτέχνες δρομείς βουνού (Scheer et al., 2018; 2019) και δρομείς υπεραποστάσεων βουνού (Fornasiero et al 2018; Oliveira-Rosado et al., 2020; Rogers, 2017). Παλιότερες μελέτες έχουν δείξει διαφορές μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ανάμεσα σε ελίτ και ερασιτέχνες δρομείς (Mooses et al., 2013B; Ogueta-Alday et al., 2018), με τους ελίτ δρομείς να έχουν υψηλότερες τιμές από τους ερασιτέχνες. Αναφορικά με την αερόβια ικανότητα οι ελίτ δρομείς βουνού έχουν παρόμοιες τιμές με τους ελίτ μαραθωνοδρόμους (Carlsohn & Muller, 2014).

Ευλυγισία

Από την αξιολόγηση των συμμετεχόντων στη δοκιμασία της ευλυγισίας τα αποτελέσματα έδειξαν μια μικρή υπεροχή των δρομέων βουνού έναντι των δρομέων δρόμου, χωρίς όμως η διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων να είναι στατιστικά σημαντική. Λαμβάνοντας υπόψη τα λίγα διαθέσιμα δεδομένα για την αξιολόγηση της ευλυγισίας σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων και τον περιορισμό της παρούσας μελέτης για την μέθοδο αξιολόγησης χρειάζεται προσοχή στη σύγκριση των αποτελεσμάτων με προηγούμενες έρευνες. Στην παρούσα έρευνα το σημείο μηδέν που αντιστοιχούσε στο σημείο επαφής των δαχτύλων των ποδιών με το κουτί ήταν στα 23 cm. Ενώ, στην έρευνα των Sundby και Gorelick, (2014), του Jones (2002), και του Craib και των συνεργατών του (1996), ήταν στο 0 cm, στις έρευνες του Nikolaidis και των συνεργατών του (2018; 2019), ήταν στα 15 cm. Έτσι, για να έχουμε συγκρίσιμα δεδομένα πρέπει στην έρευνα του Jones (2002), που αξιολόγησε άνδρες δρομείς εθνικού επιπέδου πρέπει να προστεθούν στις παρουσιαζόμενες τιμές επιπλέον 23cm.

Ισχύς των κάτω άκρων

Όπως ήταν αναμενόμενο, η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με προδιάταση ήταν μεγαλύτερη από την επίδοση στο άλμα με ημικάθισμα και των δύο ομάδων (δρομείς δρόμου: 33,62 cm έναντι 29,91 cm και δρομείς βουνού: 30,61 cm έναντι 27,05 cm). Από τη βιβλιογραφία έχουν βρεθεί αρκετές έρευνες που τα αποτελέσματά τους έρχονται σε συμφωνία με την παρούσα έρευνα. Στην έρευνα του Nikolaidis και των συνεργατών του (2019), που αξιολογήθηκαν ερασιτέχνες άνδρες δρομείς δρόμου παρατηρήθηκε υψηλότερη τιμή στο άλμα με προδιάταση έναντι του άλματος από ημικάθισμα. Ακόμη μία έρευνα που αξιολόγησε ερασιτέχνες άνδρες δρομείς δρόμου ήταν του Lanferdini και των συνεργατών (2020), που παρουσίασε παρόμοια αποτελέσματα, με το άλμα από προδιάταση να είναι υψηλότερο από το άλμα από ημικάθισμα. Επιπλέον, στην έρευνα του Nikolaidis και των συνεργατών (2018), που αξιολόγησε ερασιτέχνες γυναίκες δρομείς δρόμου, παρατηρήθηκαν τα ίδια αποτελέσματα. Με τα αποτελέσματα των τριών προηγούμενων μελετών συμφωνεί και η παρούσα έρευνα. Ενδιαφέρον έχουν και οι έρευνες που αξιολόγησαν υψηλά προπονημένους δρομείς δρόμου, στις οποίες βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, στην έρευνα του Dumke και των συνεργατών (2010), παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές ισχύος στο άλμα με προδιάταση απ' ό,τι στο άλμα με ημικάθισμα. Επίσης, με την παραπάνω έρευνα και με την παρούσα συμφωνεί η έρευνα του Kubo και των συνεργατών του (2000), στις οποίες βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα. Επιπρόσθετα, στη μελέτη του Ramos-Campo και των συνεργατών του (2016), που αξιολόγησε δρομείς υπεραποστάσεων βουνού, παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι και στις έρευνες που αξιολόγησαν αθλητές διαφορετικών αθλημάτων τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλότερες τιμές στο άλμα με προδιάταση έναντι του άλματος από ημικάθισμα. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα του Bosco, Mognoni και Luhtanen, (1983), αξιολογήθηκαν αθλητές πετοσφαίρισης και στην έρευνα του Riera και των συνεργατών (1994), αξιολογήθηκαν νεαροί αθλητές του αλπικού σκι και αθλητές του άλματος σε μήκος. Και οι δύο έρευνες εμφάνισαν παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα μελέτη. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στο άλμα με προδιάταση οι δρομείς μεγάλων αποστάσεων εμφανίζονται λιγότερο αλτικοί από τους δρομείς μεσαίων αποστάσεων και από τους δρομείς ταχύτητας (Vuorimaa, Hakkinen, Vahasoyrinki, & Rusko, 1996).

Δύναμη των κάτω άκρων

Στην ισοκινητική αξιολόγηση των δρομέων δρόμου και βουνού η μεγαλύτερη παραγωγή ροπής παρατηρήθηκε κατά την έκκεντρη συστολή σε σύγκριση με την ομόκεντρη συστολή στους εκτεινόντες και καμπτήρες μυς του γονάτου των δύο κάτω άκρων, σε οποιαδήποτε γωνιακή ταχύτητα. Επίσης, οι εκτεινόντες μύες του γονάτου εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές ροπής σε σχέση με τους καμπτήρες μυς του γονάτου, ενώ η αξιολόγηση της γρήγορης γωνιακής ταχύτητας ανέπτυξε μικρότερη ροπή απ' ό,τι η αργή γωνιακή ταχύτητα. Από τη βιβλιογραφία έχουν βρεθεί αρκετές έρευνες που τα αποτελέσματά τους έρχονται σε συμφωνία με την παρούσα έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα του Messier και των συνεργατών (2008), που αξιολόγησε δρομείς δρόμου, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη παραγωγή ροπής στην έκκεντρη ισοκινητική αξιολόγηση των εκτεινόντων μυών του γονάτου σε σύγκριση με την ομόκεντρη ισοκινητική αξιολόγηση των εκτεινόντων μυών του γονάτου. Σε μία έρευνα του Koller και των συνεργατών του (2006), παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες τιμές ροπής στην αξιολόγηση της έκκεντρης συστολής σε σχέση με την ομόκεντρη συστολή. Επίσης, οι τιμές των εκτεινόντων μυών του γονάτου ήταν μεγαλύτερες απ' ό,τι των καμπτήρων μυών και των δύο κάτω άκρων. Με τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων ερευνών συμφωνούν τα αποτελέσματα των μελετών του Ferley και των συνεργατών του (2014) και του Gomez και των συνεργατών (2002), στις οποίες οι εκτεινόντες εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές ροπής σε σύγκριση με τους καμπτήρες μυς του γονάτου. Επιπρόσθετα, οι γρήγορες γωνιακές ταχύτητες ανέπτυξαν μικρότερη ροπή απ' ό,τι οι αργές ταχύτητες, τόσο στους εκτεινόντες όσο και στους καμπτήρες των δύο κάτω άκρων. Με την παρούσα έρευνα συμφωνεί η μελέτη του Portes και των συνεργατών του (2007), στην οποία παρατηρήθηκε μεγαλύτερη παραγωγή ροπής στους εκτεινόντες σε σχέση με τους καμπτήρες μυς του γονάτου ανάμεσα σε δρομείς με ιστορικό τραυματισμού και δρομείς χωρίς ιστορικό τραυματισμού.

Συμπληρωματικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης έδειξαν ότι υπήρξαν στατιστικά σημαντικές μέτριες συσχετίσεις μεταξύ των κατακόρυφων αλμάτων με την απόλυτη και σχετική ομόκεντρη μέγιστη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων του γονάτου στην ταχύτητα των 180 %/s. Ως προς τις ενδοσυσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων των δοκιμασιών ισχύος, τα αποτελέσματα έδειξαν ισχυρή θετική σχέση μεταξύ των αλμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα άλλων μελετών (Atabek &

Sonmez, 2009; Bosco et al., 1983; Riera et al., 1994; Tsiokanos, E. Kellis, Jamurtas, & S. Kellis, 2002).

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν τη σημασία των φυσιολογικών χαρακτηριστικών που αλληλοεπιδρούν με τη φυσική κατάσταση σε καλά προπονημένους ερασιτέχνες δρομείς. Με βάση τα αποτελέσματα, μπορεί να διατυπωθεί ότι οι ερασιτέχνες δρομείς βουνού και δρόμου δεν διαφέρουν σημαντικά στα ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και οι προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα είναι σημαντικός παράγοντας για την ταξινόμηση του επιπέδου των αθλητών, ως δρομέων ελίτ ή ερασιτεχνών.

VI. Βιβλιογραφία

Alvero-Cruz, J. R., Carnero, E. A., García, M. A. G., Alacid, F., Correas-Gómez, L., Rosemann, T., ... & Knechtle, B. (2020). Predictive performance models in long-distance runners: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 8289.

Alvero-Cruz, J. R., Parent Mathias, V., Garcia Romero, J., Carrillo de Albornoz-Gil, M., Benítez-Porres, J., Ordoñez, F. J., ... & Knechtle, B. (2019). Prediction of performance in a short trail running race: The role of body composition. *Frontiers in physiology*, *10*, 1306.

American College of Sports Medicine (2007). *ACSM's Κατευθύνσεις σχεδιασμού προγραμμάτων άσκησης και αξιολόγησης*, (7^η έκδοση). Αθήνα, Ελλάδα: Εκδόσεις Αθλότυπο.

Atabek, H. Ç., & Sönmez, G. A. (2009). The relationship between isokinetic strength of knee extensors/flexors, jumping and anaerobic performance. *Isokinetics and exercise science*, *17*(2), 79-83.

Balducci, P., Cléménçon, M., Morel, B., Quiniou, G., Saboul, D., & Hautier, C. A. (2016). Comparison of level and graded treadmill tests to evaluate endurance mountain runners. *Journal of sports science & medicine*, *15*(2), 239.

Balducci, P., Cléménçon, M., Trama, R., Blache, Y., & Hautier, C. (2017). Performance factors in a mountain ultramarathon. *International journal of sports medicine*, *38*(11), 819-826.

Bean, R. C. R. (2018). *Trail runners: Neuromuscular and biomechanical insights* (Master's thesis, University of Cape Town).

Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., Rossiter, A., & Kenny, I. C. (2017). The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(1), 9-23.

Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 845-865.

Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubéix, M., Binet, C., & Bosquet, L. (2018). Strength training for middle-and long-distance performance: a meta-analysis. *International journal of sports physiology and performance*, 13(1), 57-64.

Best, A., & Braun, B. (2017). Using a novel data resource to explore heart rate during mountain and road running. *Physiological reports*, 5(8), e13256.

BILLAT, V. L., DEMARLE, A., SLAWINSKI, J., PAIVA, M., & KORALSZTEIN, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(12), 2089-2097.

Billat, V. L., Hill, D. W., Pinoteau, J., Petit, B., & Koralsztein, J. P. (1996). Effect of protocol on determination of velocity at VO₂ max and on its time to exhaustion. *Archives of physiology and biochemistry*, 104(3), 313-321.

Blagrove, R. C., Howatson, G., & Hayes, P. R. (2018). Effects of strength training on the physiological determinants of middle-and long-distance running performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 48(5), 1117-1149.

Bosco, C., Mogroni, P., & Luhtanen, P. (1983). Relationship between isokinetic performance and ballistic movement. *European Journal of Applied physiology and occupational physiology*, 51(3), 357-364.

Bosquet, L., Léger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports medicine*, 32(11), 675-700.

Buck, K., Spittler, J., Reed, A., & Khodaei, M. (2018). Psychological attributes of ultramarathoners. *Wilderness & environmental medicine, 29*(1), 66-71.

Burtscher, M., Förster, H., & Burtscher, J. (2008). Superior endurance performance in aging mountain runners. *Gerontology, 54*(5), 268-271.

Burtscher, J., Gatterer, H., Faulhaber, M., & Burtscher, M. (2017). Exercise capacity of amateur mountain runners and ski mountaineers. *High altitude medicine & biology, 18*(4), 436-437.

Carlsohn, A., & Müller, W. (2014). Anthropometry and Dietary Intake before and during a Competition in Mountain Runners. *Journal of nutrition and metabolism, 2014*.

Corrion, K., Morales, V., Bergamaschi, A., Massiera, B., Morin, J. B., & d'Arripe-Longueville, F. (2018). Psychosocial factors as predictors of dropout in ultra-trailers. *PloS One, 13*(11), e0206498.

COSTILL, D., THOMASON, H., & ROBERTS, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and science in sports, 5*(4), 248-252.

Craib, M. W., Mitchell, V. A., Fields, K. B., Cooper, T. R., Hopewell, R. E. G. I. N. A., & Morgan, D. W. (1996). The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Medicine and science in sports and exercise, 28*(6), 737-743.

Creagh, U., & Reilly, T. (1997). Physiological and biomechanical aspects of orienteering. *Sports Medicine, 24*(6), 409-418.

Dar, G., Waddington, G., Stern, M., Dotan, N., & Steinberg, N. (2020). Differences Between Long Distance Road Runners and Trail Runners in Achilles Tendon Structure and Jumping and Balance Performance. *Pm&r, 12*(8), 794-804.

Demirkan, E., Can, S., & Arslan, E. (2016). The relationship between body composition and aerobic fitness in boys and girls distance runners. *Int J Sports Sc, 6*, 62-65.

Dumke, C. L., Pfaffenroth, C. M., McBride, J. M., & McCauley, G. O. (2010). Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International journal of sports physiology and performance, 5*(2), 249-261.

Ferley, D. D., Osborn, R. W., & Vukovich, M. D. (2014). The effects of incline and level-grade high-intensity interval treadmill training on running economy and muscle power in well-trained distance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28*(5), 1298-1309.

Fornasiero, A., Savoldelli, A., Fruet, D., Boccia, G., Pellegrini, B., & Schena, F. (2018). Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon. *Journal of Sports Sciences, 36*(11), 1287-1295.

Gianoli, D., Knechtle, B., Knechtle, P., Barandun, U., Rüst, C. A., & Rosemann, T. (2012). Comparison between recreational male Ironman triathletes and marathon runners. *Perceptual and motor skills, 115*(1), 283-299.

Gómez, A. L., Radzwich, R. J., Denegar, C. R., Volek, J. S., Rubin, M. R., Bush, J. A., ... & Kraemer, W. J. (2002). The effects of a 10-kilometer run on muscle strength and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 16*(2), 184-191.

Gordon, D., Wightman, S., Basevitch, I., Johnstone, J., Espejo-Sanchez, C., Beckford, C., ... & Merzbach, V. (2017). Physiological and training characteristics of recreational marathon runners. *Open access journal of sports medicine, 8*, 231.

Grivas, G. (2020). Physiological predictors of distance runners' performance: a narrative review.

Harm, C., Knechtle, B., Rüst, C. A., Rosemann, T., Lepers, R., & Onywera, V. (2013). Performance of Kenyan athletes in mountain versus flat marathon running-An example in Switzerland. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(4), 881-893.

Hetland, M. L., Haarbo, J., & Christiansen, C. (1998). Regional body composition determined by dual-energy x-ray absorptiometry. Relation to Training, Sex Hormones, and serum lipids in male long-distance runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 8(2), 102-108.

Hirsch, K. R., Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T., & Roelofs, E. J. (2016). Body composition and muscle characteristics of division I track and field athletes. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 30(5), 1231.

Holt, L. E., Pelham, T. W., & Burke, D. G. (1999). Modifications to the standard sit-and-reach flexibility protocol. *Journal of Athletic Training*, 34(1), 43.

Jones, A. M. (2002). Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. *International journal of sports medicine*, 23(01), 40-43.

Knechtle, B., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2010). Race performance in male mountain ultra-marathoners: anthropometry or training?. *Perceptual and motor skills*, 110(3), 721-735.

Knechtle, B., & Rosemann, T. (2009). Skin-fold thickness and race performance in male mountain ultra-marathoners.

Koller, A., Sumann, G., Schobersberger, W., Hoertnagl, H., & Haid, C. (2006). Decrease in eccentric hamstring strength in runners in the Tirol Speed Marathon. *British Journal of Sports Medicine*, 40(10), 850-852.

Kong, P. W., & De Heer, H. (2008). Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenyan distance runners. *Journal of sports science & medicine*, 7(4), 499.

Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2000). Elastic properties of muscle-tendon complex in long-distance runners. *European journal of applied physiology*, 81(3), 181-187.

Lanferdini, F. J., Silva, E. S., Machado, E., Fischer, G., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2020). Physiological predictors of maximal incremental running performance. *Frontiers in Physiology*, 11, 979.

Lazzer, S., Salvadego, D., Taboga, P., Rejc, E., Giovanelli, N., & di Prampero, P. E. (2015). Effects of the Etna uphill ultramarathon on energy cost and mechanics of running. *International journal of sports physiology and performance*, 10(2), 238-247.

Lee, H., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D., & Hahn, A. G. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 1001-1008.

Lemire, M., Hureau, T. J., Remetter, R., Geny, B., Kouassi, B. Y., Lonsdorfer, E., ... & Dufour, S. P. (2020). Trail runners cannot reach vo₂max during a maximal incremental downhill test. *Med Sci Sports Exerc*, 52(5), 1135-43.

Li, F., Nassis, G. P., Shi, Y., Han, G., Zhang, X., Gao, B., & Ding, H. (2021). Concurrent complex and endurance training for recreational marathon runners: Effects on neuromuscular and running performance. *European journal of sport science*, 21(9), 1243-1253.

Looker, A. C., Borrud, L. G., Hughes, J. P., Fan, B., Shepherd, J. A., & Sherman, M. (2013). Total body bone area, bone mineral content, and bone mineral density for individuals aged 8 years and over: United States, 1999-2006. *Vital and health statistics. Series 11, Data from the national health survey*, (253), 1-78.

Luiselli, J. K., Woods, K. E., & Reed, D. D. (2011). Review of sports performance research with youth, collegiate, and elite athletes. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 44(4), 999-1002.

Makropoulos, A., Gdonteli, K., Perrea, A., & Kipreos, G. (2017). Risk taking tendency: An investigation of amateur athletes in mountain and road races. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 4(1), 212-216.

Melo, J., Niño, O., Montoya, G., Castro, Y., Garzón, M., Quiroga, N., ... & Yanci, J. (2020, September). Anthropometric characteristics and cardiorespiratory capacity of male and female trail runners. In *Camp* (p. 310).

Messier, S. P., Legault, C., Schoenlank, C. R., Newman, J. J., Martin, D. F., & DeVita, P. (2008). Risk factors and mechanisms of knee injury in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(11), 1873-1879.

Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., & Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International journal of sports medicine*, 28(07), 602-611.

Millet, G. Y., Tomazin, K., Verges, S., Vincent, C., Bonnefoy, R., Boisson, R. C., ... & Martin, V. (2011). Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. *PloS one*, 6(2), e17059.

Mooses, M., & Hackney, A. C. (2017). Anthropometrics and body composition in East African runners: potential impact on performance. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 422-430.

Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Mooses, K., & Jürimäe, T. (2013A). Anthropometric and physiological determinants of running performance in middle-and long-distance runners. *Kinesiology*, 45(2), 154-162.

Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Mooses, K., Purge, P., & Jürimäe, T. (2013B). Running economy and body composition between competitive and recreational level distance runners. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(3), 340-346.

Nana, A., Slater, G. J., Stewart, A. D., & Burke, L. M. (2015). Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 25(2), 198-215.

Nikolaidis, P. T., Del Coso, J., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). Muscle strength and flexibility in male marathon runners: the role of age, running speed and anthropometry. *Frontiers in physiology*, 10, 1301.

Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2018). Force-velocity characteristics, muscle strength, and flexibility in female recreational marathon runners. *Frontiers in physiology*, 9, 1563.

Ogueta-Alday, A., Morante, J. C., Gómez-Molina, J., & García-López, J. (2018). Similarities and differences among half-marathon runners according to their performance level. *PLoS One*, 13(1), e0191688.

Oliveira-Rosado, J., Duarte, J. P., Sousa-e-Silva, P., Costa, D. C., Martinho, D. V., Sarmiento, H., ... & Coelho-e-Silva, M. J. (2020). Physiological profile of adult male long-distance trail runners: variations according to competitive level (national or regional). *Einstein (São Paulo)*, 18.

Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of applied physiology*, 86(5), 1527-1533.

Paavolainen, L., Nummela, A., & Rusko, H. (2000). Muscle power factors and VO₂max as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10(5), 286-291.

Piacentini, M. F., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., & La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2295-2303.

Pichard, C., Kyle, U. G., Gremion, G. E. R. A. L. D., Gerbase, M., & Slosman, D. O. (1997). Body composition by x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance in female runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(11), 1527-1534.

Portes, E. M., Portes, L. A., Botelho, V. G., & Souza Pinto, S. D. (2007). Isokinetic torque peak and hamstrings/quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity. *Clinics*, 62, 127-132.

Ramos-Campo, D. J., Ávila-Gandía, V., Alacid, F., Soto-Méndez, F., Alcaraz, P. E., López-Román, F. J., & Rubio-Arias, J. Á. (2016). Muscle damage, physiological changes, and energy balance in ultra-endurance mountain-event athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(8), 872-878.

Riera, J., Drobnic, F., Galilea, P. A., & Pons, V. (1994). Comparison of two methods for the measurement of the extensor muscle dynamic force of the inferior limb: isokinetic dynamometry and vertical jump tests. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 5(2), 137-143.

Roelofs, E. J., Smith-Ryan, A. E., Melvin, M. N., Wingfield, H. L., Trexler, E. T., & Walker, N. (2015). Muscle size, quality, and body composition: characteristics of division I cross-country runners. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 29(2), 290.

Rousanoglou, E. N., Noutsos, K., Pappas, A., Bogdanis, G., Vagenas, G., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2016). Alterations of vertical jump mechanics after a half-marathon mountain running race. *Journal of sports science & medicine*, 15(2), 277.

Rüst, C. A., Knechtle, B., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2012). Similarities and differences in anthropometry and training between recreational male 100-km ultra-marathoners and marathoners. *Journal of sports sciences*, 30(12), 1249-1257.

Salah, M. A., Verla, V. S., & Tonga, C. (2012). Anthropometric and hemodynamic profiles of athletes and their relevance to performance in the mount Cameroon race of hope. *Asian journal of sports medicine*, 3(2), 99.

Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J., & Hawley, J. A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 947.

Scheer, V., Ramme, K., Reinsberger, C., & Heitkamp, H. C. (2018). VO2max testing in trail runners: is there a specific exercise test protocol?. *International journal of sports medicine*, 39(06), 456-461.

Scheer, V., Vieluf, S., Janssen, T. I., & Heitkamp, H. C. (2019). Predicting competition performance in short trail running races with lactate thresholds. *Journal of human kinetics*, 69, 159.

Siqueira, C. M., Pelegrini, F. R. M. M., Fontana, M. F., & Greve, J. M. D. (2002). Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes. *Revista do Hospital das Clinicas*, 57, 19-24.

Stewart, A. D., & Hannan, J. A. M. E. S. (2000). Total and regional bone density in male runners, cyclists, and controls. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(8), 1373-1377.

Sundby, Ø. H., & Gorelick, M. L. (2014). Relationship between functional hamstring: quadriceps ratios and running economy in highly trained and recreational female runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2214-2227.

Svantesson, U., Zander, M., Klingberg, S., & Slinde, F. (2008). Body composition in male elite athletes, comparison of bioelectrical impedance spectroscopy with dual energy X-ray absorptiometry. *Journal of negative results in biomedicine*, 7(1), 1-5.

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*, 6, 129.

Trehearn, T. L., & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 158-162.

Tsiokanos, A., Kellis, E., Jamurtas, A., & Kellis, S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokinetics and exercise science*, 10(2), 107-115.

Vernillo, G., Giandolini, M., Edwards, W. B., Morin, J. B., Samozino, P., Horvais, N., & Millet, G. Y. (2017). Biomechanics and physiology of uphill and downhill running. *Sports Medicine*, 47(4), 615-629.

Vernillo, G., Savoldelli, A., Skafidas, S., Zignoli, A., La Torre, A., Pellegrini, B., ... & Schena, F. (2016). An extreme mountain ultra-marathon decreases the cost of uphill walking and running. *Frontiers in physiology*, 7, 530.

Vernillo, G., Schena, F., Berardelli, C., Rosa, G., Galvani, C., Maggioni, M., ... & La Torre, A. (2013). Anthropometric characteristics of top-class Kenyan marathon runners. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(4), 403-8.

Vuorimaa, T., Häkkinen, K., Vähäsöyrinki, P., & Rusko, H. (1996). Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. *International journal of sports medicine*, 17(S 2), S109-S113.

Warner, S. E., Shaw, J. M., & Dalsky, G. P. (2002). Bone mineral density of competitive male mountain and road cyclists. *Bone*, 30(1), 281-286.

Wiewelhove, T., Schneider, C., Döweling, A., Hanakam, F., Rasche, C., Meyer, T., ... & Ferrauti, A. (2018). Effects of different recovery strategies following a half-marathon on fatigue markers in recreational runners. *PLoS One*, *13*(11), e0207313.

Yamamoto, L. M., Lopez, R. M., Klau, J. F., Casa, D. J., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2008). The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(6), 2036-2044.

Zatoń, M., Dąbrowski, D., & Bugajski, A. (2014). COMPARISON OF AEROBIC CAPACITY AND SOMATIC CHARACTERISTICS BETWEEN COMPETITIVE YOUTH MOUNTAIN BIKERS AND ROAD CYCLISTS. *Medicina Sportiva*, *18*(2).

Zillmann, T., Knechtle, B., Rüst, C. A., Knechtle, P., Rosemann, T., & Lepers, R. (2013). Comparison of training and anthropometric characteristics between recreational male half-marathoners and marathoners. *Chin J Physiol*, *56*(3), 138-46.

Zingg, M. A., Knechtle, B., Rüst, C. A., Rosemann, T., & Lepers, R. (2013). Reduced performance difference between sexes in master mountain and city marathon running. *International journal of general medicine*, *6*, 267.

Zintl, F. (1993). *Προπόνηση αντοχής*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις SALTO

Καρατζαφέρη, Χ., Γκιάτα, Π., Θεοφιλίδης, Γ., Καλτσάτου, Α., Καπνιά, Α., Καρυώτη, Α., ... & Φλουρή, Α. (2015). Εγχειρίδιο για την σωματική αξιολόγηση αθλητών: δοκιμασίες εργαστηρίου και πεδίου για την επιστημονική υποστήριξη του αγωνιστικού αθλητισμού.

Κλεισούρας, Β. (2011). *Εργοφυσιολογία*. Nicosia, Cyprus: Broken Hill Publishers LTD