



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

«ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ 5.000 ΜΕΤΡΩΝ»

ΠΡΟΚΟΠΙΟΣ ΧΑΤΖΑΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΠΕΔΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΚΛΑΣΙΚΟΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2016

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

Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής

Ηλίας Ζαχαρόγιαννης

Επίκουρος Καθηγητής Κλασικού Αθλητισμού –
Αθλητικών Δρόμων
Σ.Ε.Φ.Α.Α. Ε.Κ.Π.Α.
(Επιβλέπων)

Γεώργιος Παραδείσης

Επίκουρος Καθηγητής Κλασικού Αθλητισμού –
Αθλητικών Δρόμων
Σ.Ε.Φ.Α.Α. Ε.Κ.Π.Α.

Μαρία Μαριδάκη

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εργοφυσιολογίας
Σ.Ε.Φ.Α.Α. Ε.Κ.Π.Α.



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός»

ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Του Προκοπίου Χατζάκη

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Γ.Σ.Ε.Σ. της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 29/1/2016 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής του **κ. Προκοπίου Χατζάκη** με τίτλο: «Ανυπόδητο τρέξιμο: φυσιολογικές αποκρίσεις και απόδοση στο δρόμο 5.000 μέτρων», αποτελούμενη από τους κ.κ. **Η. Ζαχαρόγιαννη** Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Μ. Μαριδάκη** Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, **Γ. Παραδείση** Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 15/4/2016 ημέρα Παρασκευή και ώρα 13:30, ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρινόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Η. Ζαχαρόγιαννης, Επίκουρος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών

Μ. Μαριδάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών

Γ. Παραδείσης, Επίκουρος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός» της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ. Η επιτυχής ολοκλήρωσή της οφείλεται στην βοήθεια και την συνεισφορά πολλών ατόμων, τα οποία και θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον Επίκουρο Καθηγητή Κλασικού Αθλητισμού, κ. Ζαχαρόγιαννη Ηλία, ο οποίος ως επιβλέπων καθηγητής μου, με βοήθησε, συμβούλευσε και καθοδήγησε σε όλα τα στάδια πραγματοποίησης αυτής της μελέτης, καθώς και για την εν γένει συνεργασία μας στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών.
- Την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εργοφυσιολογίας, κ. Μαριδάκη Μαρία, καθώς και τον Επίκουρο Καθηγητή Κλασικού Αθλητισμού, κ. Παραδείση Γεώργιο, για την πολύτιμη βοήθεια και τα εποικοδομητικά τους σχόλια πάνω στην παρούσα μελέτη.
- Τους δοκιμαζόμενους, οι οποίοι προσφέρθηκαν να συμμετάσχουν στο πειραματικό πρωτόκολλο και κατέβαλαν κάθε δυνατή προσπάθεια από την πλευρά τους. Χάρη σε αυτούς μπόρεσε να πραγματοποιηθεί η μελέτη αυτή.
- Όλους τους ανθρώπους του περιβάλλοντος μου, που στάθηκαν δίπλα μου σε αυτήν την πορεία και πρόσφεραν την βοήθεια και την υποστήριξή τους με κάθε δυνατό τρόπο και μέσο.

ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ 5.000 ΜΕΤΡΩΝ.

Προκόπιος Χατζάκης
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ανυπόδητο τρέξιμο είναι το τρέξιμο χωρίς υπόδημα ή με χρήση ελάχιστων υποδημάτων, τα οποία προσομοιάζουν το ανυπόδητο τρέξιμο, και χρησιμοποιούνται για την αποφυγή τραυματισμών των κάτω άκρων από αιχμηρά αντικείμενα ή τυχόν εγκαύματα της περιοχής. Ως προς τις φυσιολογικές παραμέτρους του ανυπόδητου τρεξίματος, φαίνεται πως οι δρομείς μπορεί να είναι πιο οικονομικοί κατά το τρέξιμο, βελτίωση που φαίνεται να προκύπτει σε μεγάλο βαθμό από την μικρότερη μάζα που μεταφέρει ο δρομέας. Έχει παρατηρηθεί, επίσης, ότι μετά από περίοδο εξοικείωσης υπήρξε σημαντική βελτίωση της δρομικής οικονομίας σε σύγκριση με το τρέξιμο με συμβατικά αθλητικά υποδήματα, καθώς και μεταξύ της αρχικής και τελικής μέτρησης για την συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος μόνο. Οι ελάχιστες δημοσιευμένες μελέτες που ασχολούνται με την επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος στην απόδοση στα 5.000 μέτρα έχουν δείξει πως υπάρχει σημαντική βελτίωση στον χρόνο που χρειάζεται να καλύψουν την απόσταση οι δρομείς τρέχοντας ανυπόδητοι, είτε έπειτα από 10 εβδομάδες εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο, είτε εξαιτίας μιας συνακόλουθης βελτίωσης στην δρομική οικονομία. Σκοπός, της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές τόσο στην απόδοση μεταξύ του τρεξίματος με ελάχιστα και με αθλητικά υποδήματα, όσο και στις φυσιολογικές αποκρίσεις, όπως αυτές προέκυψαν από δοκιμασία με προοδευτικά αυξανόμενη επιβάρυνση στο δαπεδοεργόμετρο.

Για το σκοπό αυτόν, χρησιμοποιήθηκαν 12 άτομα, άνδρες και γυναίκες, ηλικίας από 22 έως 49 ετών, δρομείς μέτρια προπονημένοι. Οι δρομείς αυτοί κλήθηκαν να εκτελέσουν δύο (με αθλητικά ή ελάχιστα υποδήματα) προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες μέχρι εξάντλησης σε δαπεδοεργόμετρο, για την αξιολόγηση των φυσιολογικών τους αποκρίσεων και με τις δύο συνθήκες υπόδησης. Στην συνέχεια, ακολούθησε αγώνας

εξοικειώσης 3.000 μέτρων με την χρήση των ελάχιστων υποδημάτων. Οι δοκιμαζόμενοι, επίσης, κλήθηκαν να τρέξουν δύο αγώνες 5.000 μέτρων στο δαπεδοεργόμετρο, με συμβατικά αθλητικά ή ελάχιστα υποδήματα. Οι μέγιστες δοκιμασίες εκτελέστηκαν με τυχαία σειρά ως προς την συνθήκη υπόδησης και με διάστημα 4 έως 7 ημερών μεταξύ τους.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπήρξε κάποια διαφορά μεταξύ των φυσιολογικών παραμέτρων κατά το τρέξιμο με τα αθλητικά και τα ελάχιστα υποδήματα, όπως αυτές προέκυψαν από την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση. Επίσης, δεν βρέθηκε διαφορά στην επίδοση, την τακτική, τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα, το δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης και τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα κατά την αγωνιστική προσπάθεια 5.000 μέτρων με αθλητικά και ελάχιστα υποδήματα. Ακόμη, βρέθηκε ότι ο χρόνος που χρειάστηκε να καλυφθούν τα 5.000 μέτρα έχει θετική συσχέτιση με τον χρόνο εμφάνισης της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, καθώς και αρνητική συσχέτιση με την ταχύτητα που αντιστοιχεί στην υψηλότερη τιμή πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) και την ταχύτητα που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι (VT) και για τις δύο συνθήκες υπόδησης. Επιπλέον, υπήρχε σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της υψηλότερης τιμής πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2peak}$) και του χρόνου που χρειάστηκε να καλυφθούν τα 5.000 μέτρα, αλλά μόνο κατά το τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι σε δρομείς που είναι συνηθισμένοι να τρέχουν με συμβατικά αθλητικά υποδήματα δεν εμφανίζεται κάποια διαφορά ως προς τις φυσιολογικές αποκρίσεις και τις παραμέτρους απόδοσης μεταξύ του τρεξίματος με αθλητικά και ελάχιστα υποδήματα. Ωστόσο, υπάρχει τάση για καλύτερη επίδοση στα 5.000 μέτρα με την χρήση ελάχιστων υποδημάτων. Σε μελλοντικές μελέτες με μεγαλύτερη περίοδο εξοικειώσης με το τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα, πιθανώς να παρατηρηθούν σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση στους δρόμους αντοχής.

Λέξεις κλειδιά: Φυσιολογικές αποκρίσεις, Απόδοση, Δρόμοι αντοχής, Ανυπόδητο τρέξιμο, Ελάχιστα υποδήματα.

BAREFOOT RUNNING: PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND PERFORMANCE IN 5,000 METRES.

Prokopios Chatzakis
School of Physical Education and Sports Science
National and Kapodistrian University of Athens

ABSTRACT

Barefoot running is running either without shoes or with some minimalist running shoes (MRS), which simulate barefoot running, and are used to avoid foot injuries from sharp objects or burns. Concerning the physiological responses, barefoot running seems to be more economical than running shod, due to less mass carried by the runner. It is also known that after a period of familiarization there is improved running economy with barefoot running in comparison with shod running, as well as between the pre and post tests in the barefoot condition. Few published studies regarding the effect of barefoot running on performance in 5,000 m, have shown significant improvement when running with MRS, as a result of a familiarization period or an improvement in RE. The purpose of the present study was to examine whether there is significant difference in physiological responses, as well as in running performance between MRS and shod running.

For that purpose, 12 subjects, men and women, 22-49 years old, moderately trained, performed two incremental tests on a treadmill (with MRS and shod), in order to evaluate their physiological responses in both footwear conditions. A 3,000 m familiarization race, using the MRS, followed. The subjects also ran two 5,000 m races on treadmill, running shod or with MRS. The maximal trials were performed in random order, concerning the footwear condition, and 4-7 days apart.

The results showed that there was no significant difference in the physiological responses, as they were evaluated during the incremental tests on treadmill, between shod and running with MRS. Furthermore, there was no difference in race performance, race tactics, maximum heart rate, RPE and blood lactate concentration between the shod and MRS condition in the 5,000 m trials. It is also found, that the time needed to cover the 5,000 m distance is positively correlated with the time the

maximum heart rate was achieved at the race trial and negatively correlated with $\dot{V}O_{2\max}$ and VT, in both footwear conditions. However, a significant negative correlation was found between $VO_{2\text{peak}}$ and the time needed to cover the 5,000 m distance, only when running with MRS.

In conclusion, the present study shows that in habitually shod runners there are no significant differences in physiological responses and performance parameters between running shod or with MRS. However, despite the lack of significance, there was a tendency for better performance with MRS condition. Future studies with extended familiarization period with MRS, could show significant endurance running performance benefits.

Key words: Physiological responses, Performance, Endurance events, Barefoot running, Minimal running shoes.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΚΡΙΣΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ.	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ.	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xiii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.2 ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	5
1.3 ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ.....	6
1.4 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΕΙΣ.....	6
1.5 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	7
1.6 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	7
2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	8
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2.2 ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
2.2.1 ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ. 9	
2.2.2 ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ	24
2.2.3 ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ.....	26
2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	39
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	41
3.1 ΔΕΙΓΜΑ.....	41
3.2 ΟΡΓΑΝΑ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	41

3.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	45
3.4	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	49
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	50
4.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	50
4.2	ΚΑΡΔΙΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	50
4.3	ΑΓΩΝΑΣ 5.000 ΜΕΤΡΩΝ	54
4.4	ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ	57
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	59
5.1	ΚΑΡΔΙΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	59
5.2	ΑΓΩΝΑΣ 5.000 m.....	62
5.3	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ 5000 m.....	64
5.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
5.5	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	67
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68
7	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	77

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1. Σωματομετρικά και ηλικιακά χαρακτηριστικά του δείγματος	50
Πίνακας 4.2. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις καρδιαναπνευστικών παραμέτρων κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση	51
Πίνακας 4.3. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις Παραμέτρων Αγωνιστικής Προσπάθειας 5.000 m	56
Πίνακας 4.4. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις παραμέτρων τακτικής στην αγωνιστική προσπάθεια 5.000 m	57
Πίνακας 4.5. Πίνακας συσχετίσεων καρδιαναπνευστικών και παραμέτρων αγωνιστικής προσπάθειας με την απόδοση στα 5.000 m	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.2.1.1. Αθλητικό υπόδημα "On"	11
Εικόνα 2.2.3.1. Υπόδημα "Rocker"	30
Εικόνα 3.2.1. Ελάχιστα υποδήματα που προσομοιάζουν το ανυπόδητο τρέξιμο (Freet Tarsa 4+1 Barefoot Running Shoes, UK)	45

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.3.1. Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού πρωτοκόλλου	48
Σχήμα 4.1. Κορυφαία πρόσληψη Οξυγόνου κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με ΕΥ και ΑΥ	52
Σχήμα 4.2. Δρομική οικονομία στα 12 km.h ⁻¹ κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με ΕΥ και ΑΥ	52
Σχήμα 4.3. Ταχύτητα που αντιστοιχεί στην κορυφαία πρόσληψη οξυγόνου κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με ΕΥ και ΑΥ	53
Σχήμα 4.4. Αναπνευστικό κατώφλι κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με ΕΥ και ΑΥ	53
Σχήμα 4.5. Επίδοση στον Αγώνα 5.000 m με τα ΕΥ και τα ΑΥ	54
Σχήμα 4.6. Γραφική απεικόνιση περασμάτων ανά 1.000 μέτρα στον Αγώνα 5.000 m με ΕΥ και ΑΥ	55
Σχήμα 4.7. Περάσματα ανά 1.000 μέτρα στην αγωνιστική προσπάθεια με ΕΥ και ΑΥ	55

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανυπόδητο τρέξιμο είναι το τρέξιμο χωρίς υπόδημα ή με χρήση ελάχιστων υποδημάτων (ΕΥ), τα οποία προσομοιάζουν το ανυπόδητο τρέξιμο και χρησιμοποιούνται για την αποφυγή τραυματισμών του πέλματος από αιχμηρά αντικείμενα και εγκαύματα.. Το ανυπόδητο τρέξιμο έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για πολλούς ερευνητές τα τελευταία χρόνια, ενώ οι περισσότερες ερευνητικές εργασίες κατευθύνονται κυρίως προς τρεις άξονες, την βιομηχανική ανάλυση, την πρόληψη τραυματισμών και τις φυσιολογικές αποκρίσεις του ανυπόδητου τρεξίματος. Στα αποτελέσματα πρόσφατης βιομηχανικής ανάλυσης (Zhang, Paquette, & Zhang, 2013) φαίνεται ότι η ανυπόδητη βάδιση και η βάδιση με σανδάλια ή παντόφλες εφαρμόζει διαφορετικές δυνάμεις αντίδρασης στο έδαφος συγκριτικά με τη χρήση αθλητικών υποδημάτων (ΑΥ), ενώ όλα τα είδη υποδημάτων παρουσιάζουν διαφορετικό κέντρο πίεσης στο πέλμα και διαφορετικά κινηματικά χαρακτηριστικά στην ποδοκνημική και το γόνατο, σε σχέση με την ανυπόδητη βάδιση. Οι De Wit, De Clercq, & Aerts (2000), παρατήρησαν, επίσης, ότι οι δρομείς κατά το ανυπόδητο τρέξιμο εμφανίζουν σημαντικά μεγαλύτερο ρυθμό εξωτερικής φόρτισης (δηλαδή οι μέγιστες εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης εμφανίζονται γρηγορότερα) σε σύγκριση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, καθώς στο ανυπόδητο τρέξιμο φαίνεται ότι η πιο επίπεδη τοποθέτηση του ποδιού στο έδαφος (δηλαδή παρουσιάζεται μια εικόνα όπως αυτή που συναντάμε σε άτομα με πλατυποδία – flatfoot) έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται χαμηλότερες μέγιστες πιέσεις στην φτέρνα. Σχετικά με τον τρόπο που το πέλμα του δρομέα έρχεται σε επαφή με το έδαφος μετά τη φάση αιώρησης σε ένα διασκελισμό (με τη φτέρνα, με το μέσο του πέλματος ή, με το πρόσθιο μέρος του πέλματος και με τα δάκτυλα), φαίνεται πως δεν υπάρχει διαφορά στον χρόνο επαφής με το έδαφος και το μήκος διασκελισμού μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών, κάτι το οποίο μπορεί να σημαίνει ότι πιθανά οφέλη μιας επαφής που δεν γίνεται με την φτέρνα μπορεί να οφείλονται περισσότερο στην δράση του ανυπόδητου τρεξίματος, παρά στον τρόπο με τον οποίο κάνει τον διασκελισμό του ο δρομέας. Ακόμη, η προσγγείωση του σκέλους μετά τη φάση αιώρησης με το πρόσθιο μέρος του πέλματος ή με τα δάκτυλα του ποδιού

απαιτεί μεγαλύτερη σκληρότητα στο κάτω άκρο σε σχέση με τις άλλες δύο συνθήκες, ενώ και η επαφή του εδάφους στην προσγείωση πρώτα με τα δάκτυλα του ποδιού φαίνεται να μεταφέρει μεγαλύτερο φορτίο στον αχίλλειο τένοντα, τους πελματιαίους καμπήρες και τις κεφαλές των μεταταρσίων (Nunns, House, Fallowfield, Allsopp, & Dixon, 2013). Επομένως, το ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να προφυλάσσει από τραυματισμούς σε μεγάλο βαθμό την άρθρωση του γόνατος, αλλά φορτίζει πολύ τον αχίλλειο τένοντα και αυξάνει την πιθανότητα τραυματισμού στο συγκεκριμένο σημείο, λόγω υπερβολικής φόρτισης (Sinclair, 2014). Το μήκος διασκελισμού στο ανυπόδητο τρέξιμο είναι μικρότερο συγκριτικά με το τρέξιμο με υποδήματα (Thompson, Gutmann, Seegmiller, & McGowan, 2014). Το μικρότερο μήκος διασκελισμού σχετίζεται με χαμηλότερες δυνάμεις αντίδρασης από το έδαφος αλλά και βελτιωμένες κινητικές προσαρμογές στο οβελιαίο επίπεδο στις αρθρώσεις των κάτω άκρων, καθώς και μειωμένη πιθανότητα τραυματισμού, ανάλογα και με την μεταβολή στο μήκος του διασκελισμού που προκαλεί (Thompson, Gutmann, Seegmiller, & McGowan, 2014). Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι το ανυπόδητο τρέξιμο σε σχέση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα μπορεί να μεταβάλλει σε μεγάλο βαθμό τα βιομηχανικά χαρακτηριστικά και την τεχνική του τρεξίματος σε παιδιά προ-εφηβικής και εφηβικής ηλικίας (Hollander, Riebe, Campe, Braumann, & Zech, 2014; Mullen & Toby, 2013), ενώ ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο κατά την χρήση του ανυπόδητου τρεξίματος είναι η εξοικείωση με αυτό, μιας και οδηγεί σε υιοθέτηση ενός διασκελισμού που η φάση προσγείωσης πραγματοποιείται με το πρόσθιο τμήμα του πέλματος, με αποτέλεσμα την μειωμένη επιβάρυνση στην φτέρνα, αλλά και την αυξημένη επιβάρυνση στο πέλμα (Warne et al., 2014; McCarthy, Fleming, Donne, & Blanksby, 2014).

Όσον αφορά στην πρόληψη των τραυματισμών κατά το τρέξιμο, όπως αναφέρει ο Tam και οι συνεργάτες του (2014), το εάν θα προκύψει κάποιος τραυματισμός μπορεί να οφείλεται σε μια πληθώρα αιτιών, όπως το γεγονός ότι οι τραυματισμοί στο τρέξιμο δεν εξαρτώνται από έναν μόνο παράγοντα, αλλά αποτελούν πολυπαραγοντικό φαινόμενο και οι βιομηχανικές και φυσιολογικές αποκρίσεις κατά το ανυπόδητο τρέξιμο μπορούν να δικαιολογήσουν μονάχα ένα τμήμα αυτών. Μια πρόσφατη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Murphy, Curry, & Matzkin, 2013)

καταλήγει στο συμπέρασμα πως το ανυπόδητο τρέξιμο συνοδεύεται από χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης επιγονατιδομηριαίου πόνου και, πιθανότατα, μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης κατάγματος κόπωσης στην κνήμη, ενώ σε σύγκριση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, αυξάνει την πιθανότητα τραυματισμού της πελματιαίας απονεύρωσης, καταγμάτων κόπωσης των μεταταρσίων, τραυματισμού από αιχμηρά αντικείμενα και εγκαυμάτων τριβής στα κάτω άκρα. Ο Tam και οι συνεργάτες του (2014), ισχυρίζονται πως με το ανυπόδητο τρέξιμο η πιθανότητα τραυματισμού της πελματιαίας απονεύρωσης είναι μικρότερη, αλλά οι ευεργετικές συνέπειες αυτού μπορεί να φανούν μόνο έπειτα από ένα διάστημα εξοικείωσης, ενώ η αυξημένη έκκεντρη φόρτιση της ποδοκνημικής άρθρωσης σε χρόνια βάση και σε μεγάλες ταχύτητες μπορεί να αυξήσει την εμφάνιση τενοντίτιδας στον αχίλλειο τένοντα. Ωστόσο, φαίνεται πως εάν αυτή η έκκεντρη φόρτιση είναι ελεγχόμενη μπορεί να προκαλέσει ακόμη και ανακούφιση από το συγκεκριμένο τραυματισμό, ενώ στα παραπάνω οι Jenkins και Cauthon (2011), έρχονται να προσθέσουν πως με το ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να υπάρξει καλύτερη ιδιοδεκτική ικανότητα, αφού το πόδι έρχεται άμεσα σε επαφή με το έδαφος και έτσι ενεργοποιούνται με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα οι προστατευτικοί μηχανισμοί του οργανισμού απέναντι σε πιθανούς τραυματισμούς.

Σχετικά με την επίδραση του τύπου του υποδήματος που χρησιμοποιούν οι δρομείς, στις φυσιολογικές αποκρίσεις φαίνεται σε δημοσιευμένες μελέτες ότι το ανυπόδητο τρέξιμο βελτιώνει τη δρομική οικονομία σε σύγκριση με το τρέξιμο με ΑΥ ή ΕΥ (Paulson & Braun, 2014). Οι Squadrone και Gallozzi (2009), αναφέρουν ότι το ΕΥ μπορεί να μιμηθεί το ανυπόδητο τρέξιμο προσφέροντας επιπλέον προστασία στο πέλμα. Όσον αφορά στην αλληλεπίδραση του τύπου υποδήματος και του τύπου διασκελισμού των δρομέων, φαίνεται πως οι δρομείς ήταν κατά 2,41% πιο οικονομικοί στο ανυπόδητο τρέξιμο όταν η προσγείωση γινόταν με το εμπρός μέρος του ποδιού και 3,32% πιο οικονομικοί όταν στην προσγείωση η φτέρνα ερχόταν πρώτη σε επαφή με το έδαφος (Perl, Daoud, & Lieberman, 2012). Ένα άλλο σημαντικό θέμα είναι ο ρόλος της μάζας του υποδήματος (Divert et al., 2008; Burkett, Kohrt, & Buchbinder, 1985), με τις έρευνες να δείχνουν ότι για κάθε 100 gr επιπρόσθετου βάρους αυξάνεται η κατανάλωση οξυγόνου κατά 1% (Franz,

Wierzbinski, & Kram, 2012). Επιπλέον, το ανυπόδητο τρέξιμο, που συνοδεύεται από υψηλή σωματοαισθητική ανατροφοδότηση και έλλειψη σόλας για απορρόφηση των κραδασμών, φαίνεται να σχετίζεται με μειωμένη κατανάλωση οξυγόνου σε σύγκριση με το τρέξιμο με ΕΥ (χαμηλότερη σωματοαισθητική ανατροφοδότηση) και το τρέξιμο με ΑΥ (που έχουν σόλα για απορρόφηση των κραδασμών), καθιστώντας την σωματοαισθητική ανατροφοδότηση σημαντικό παράγοντα καθορισμού της ενεργειακής δαπάνης κατά το τρέξιμο (Moore, Jones, & Dixon, 2014). Επιπρόσθετα, οι Warne και Warrington (2014), απέδειξαν πως μετά από μια περίοδο τεσσάρων εβδομάδων υπήρξε σημαντική βελτίωση της δρομικής οικονομίας κατά 6,9% σε σύγκριση με το τρέξιμο με τα ΑΥ, ενώ αντίστοιχα μεγάλη βελτίωση παρατηρήθηκε στην δρομική οικονομία και μεταξύ της αρχικής και τελικής μέτρησης για την συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος μόνο, όπου παρατηρήθηκε βελτίωση 8,09%. Σε μια ακόμη πρόσφατη μελέτη (Reeves, Corbett, & Barwood, 2015) αναφέρεται σημαντική βελτίωση της δρομικής οικονομίας 4,4% όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν ανυπόδητοι, με την βελτίωση αυτή να σχετίζεται σημαντικά με την μείωση της μεταφερόμενης μάζας στην ποδοκνημική. Επιπλέον, καταγράφηκε και βελτίωση της $\dot{V}O_{2\max}$ 4,5% και της μέγιστης ταχύτητας στην οποία έφτασαν οι δοκιμαζόμενοι 3,9%, με την $\dot{V}O_{2\max}$ όμως να παραμένει αμετάβλητη (Reeves, Corbett, & Barwood, 2015). Όσον αφορά στην επίδρασή του ανυπόδητου τρεξίματος στην αθλητική απόδοση, όπως φαίνεται από την μελέτη της βιβλιογραφίας, αλλά και όπως τονίζουν οι Fuller, Bellenger, Thewlis, Tsiros και Buckley (2015), δεν υπάρχει επαρκής αριθμός δημοσιευμένων μελετών. Μια πρόσφατη μελέτη πάνω σε αυτό το θέμα δείχνει πως εφαρμόζοντας 10 εβδομάδες εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο, η επίδοση στα 5.000 μέτρα βελτιώνεται κατά την ανυπόδητη συνθήκη, παρόλο που οι καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις δεν έδειξαν να έχουν κάποια μεταβολή μεταξύ των δύο συνθηκών. Να σημειωθεί πως οι αρχικές μετρήσεις έγιναν με την χρήση ΑΥ, ενώ οι τελικές, μετά το πέρας των δέκα εβδομάδων εξοικείωσης, πραγματοποιήθηκαν με την ανυπόδητη συνθήκη (Leuchanka, Baroody, Cook, & Quinn, 2015). Επιπρόσθετα, οι Fuller, Thewlis, Tsiros, Brown και Buckley (2016) παρατήρησαν σημαντική βελτίωση στην απόδοση των 5.000 μέτρων με τη χρήση ΕΥ, συνοδευόμενη από βελτιωμένη δρομική οικονομία και αλλαγές στο μοντέλο του τρεξίματος (αυξημένη συχνότητα και μειωμένο μήκος διασκελισμού).

1.2 ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το ερευνητικό πρόβλημα που προέκυψε από την μελέτη της βιβλιογραφίας σχετικά με το ανυπόδητο τρέξιμο ήταν πως δεν είχαν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες που να εξετάζουν την επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος σε σύγκριση με την χρήση των ΑΥ στην απόδοση στην αντοχή. Επανεξετάστηκε, επίσης, η επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος σε επιλεγμένες φυσιολογικές αποκρίσεις. Η ανεξάρτητη μεταβλητή που εξετάστηκε ήταν ο τύπος του υποδήματος με το οποίο κλήθηκαν να τρέξουν οι δοκιμαζόμενοι, δηλαδή το ανυπόδητο τρέξιμο (με την χρήση ενός ΕΥ) ή το τρέξιμο με τα ΑΥ. Οι εξαρτημένες μεταβλητές που αξιολογήθηκαν εργαστηριακά, ήταν η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (HRmax), η κατανάλωση οξυγόνου στα 12 km.h⁻¹ (VO₂) για τον προσδιορισμό της δρομικής οικονομίας, η μέση αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου ανά στάδιο κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση, η υψηλότερη τιμή κατανάλωσης οξυγόνου (VO₂peak), το αναπνευστικό πηλίκο (RQ), ο μέγιστος πνευμονικός αερισμός ανά λεπτό (VEmax), η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα (La) μετά το τέλος της προοδευτικά αυξανόμενης δοκιμασίας στο δαπεδοεργόμετρο, η ταχύτητα στην οποία αντιστοιχούσε το 100% της υψηλότερης τιμής πρόσληψης οξυγόνου (vVO₂max) και η ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο αναπνευστικό κατώφλι του κάθε δοκιμαζόμενου (VT). Όσον αφορά στην δοκιμασία απόδοσης, αξιολογήθηκε ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) στον οποίο κάλυψε ο κάθε δοκιμαζόμενος μια απόσταση 5.000 μέτρων, η αγωνιστική τακτική, ο δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης στην κλίμακα του Borg (6-20), η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (HRmax) και ο χρόνος στον οποίο αυτή επετεύχθη, καθώς και η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα (La) στο τέλος της αγωνιστικής προσπάθειας των 5.000 μέτρων. Όλες οι εξαρτημένες μεταβλητές αξιολογήθηκαν και στην συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος με τη χρήση ΕΥ και στην συνθήκη του τρεξίματος με ΑΥ.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει εάν και κατά πόσο υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην απόδοση μεταξύ του ανυπόδητου και του τρεξίματος με ΑΥ, καθώς επίσης και η μελέτη των διαφορών μεταξύ των δύο αυτών συνθηκών στις φυσιολογικές αποκρίσεις, όπως αυτές θα προέκυπταν από την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο.

1.3 ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Οι ερευνητικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν ήταν οι εξής:

- Θα χρειαζόταν μικρότερος χρόνος (σε δευτερόλεπτα) για να καλυφθεί η απόσταση των 5.000 μέτρων από τους δρομείς στην συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος.
- Η κατανάλωση οξυγόνου θα ήταν μικρότερη (καλύτερη δρομική οικονομία) στα 12 km.h⁻¹ στη διάρκεια του ανυπόδητου τρεξίματος

Οι μηδενικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν ήταν οι εξής:

- Δεν θα παρατηρούνταν διαφορές ως προς τις υπόλοιπες φυσιολογικές αποκρίσεις στην προοδευτικά αυξανόμενη μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο μεταξύ των δύο συνθηκών.
- Δεν θα παρατηρούνταν διαφορές στην ταχύτητα που θα αντιστοιχούσε στο αναπνευστικό κατώφλι και σε αυτήν που αντιστοιχεί στην υψηλότερη πρόσληψη οξυγόνου στην προοδευτικά αυξανόμενη μέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο μεταξύ των δύο συνθηκών.
- Δεν θα παρατηρούνταν διαφορές στην μέγιστη καρδιακή συχνότητα και στον χρόνο που αυτή θα επιτυγχανόταν κατά την αγωνιστική προσπάθεια 5.000 μέτρων.
- Δεν θα παρατηρούνταν διαφορές στην τακτική του αγώνα των 5.000 μέτρων και στον δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης μεταξύ των δύο συνθηκών.

1.4 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΕΙΣ

Όσον αφορά στις προϋποθέσεις και τις οριοθετήσεις της έρευνας, αυτές ήταν ότι το δείγμα αποτελείτο από άντρες και γυναίκες αθλούμενους μέτρια προπονημένους δρομείς, ηλικίας 22 έως και 49 ετών. Επιπλέον, αυτοί έπρεπε να έχουν συμμετάσχει σε τουλάχιστον 5 αγώνες τον τελευταίο χρόνο, ενώ έπρεπε να μην έχουν κάποιον τραυματισμό τον τελευταίο χρόνο, καθώς επίσης και χρόνια ή/και άλλα ιατρικά προβλήματα και να μην λαμβάνουν κάποια φαρμακευτική αγωγή κατά την περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Επιπλέον, η μέτρηση της απόδοσης έγινε αξιολογώντας τον χρόνο στον οποίο οι δοκιμαζόμενοι κάλυψαν την απόσταση των 5.000 μέτρων, σε εργαστηριακό περιβάλλον, για να είναι ελεγχόμενες και σταθερές οι περιβαλλοντικές συνθήκες στη διάρκεια των αξιολογήσεων.

1.5 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Οι περιορισμοί της έρευνας ήταν ότι το ηλικιακό εύρος που μελετήθηκε ήταν αρκετά ευρύ, αποκλείοντας, όμως, τους δρομείς που είναι μικρότερης και μεγαλύτερης ηλικίας, για τους οποίους δεν μπορούν να γενικευτούν τα αποτελέσματα. Το επίπεδο των δοκιμαζομένων ήταν μέτριο, κάτι το οποίο σημαίνει πως τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν σε δρομείς υψηλού επιπέδου ή αρχάριους δρομείς. Επιπλέον, η μέτρηση της απόδοσης αφορούσε μόνο σε συγκεκριμένο αγώνισμα, τον δρόμο 5.000 μέτρων, και όχι σε ένα ευρύτερο φάσμα αγωνισμάτων. Ακόμη, το δείγμα της μελέτης ήταν μόνο από την περιφέρεια Αττικής και οι μετρήσεις δεν έγιναν σε περιβαλλοντολογικές και λοιπές συνθήκες αγώνα, οι οποίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν διάφορες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα την τακτική των δοκιμαζομένων, ή διαφορετικές καιρικές συνθήκες μεταξύ των διαφόρων μετρήσεων, αλλά σε ελεγχόμενο – εργαστηριακό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν αφορούν το ανυπόδητο τρέξιμο αλλά αυτό με όσο το δυνατόν ελάχιστο υπόδημα.

1.6 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η σημασία της παρούσας μελέτης έγκειται στο γεγονός ότι δεν έχει διενεργηθεί επαρκής αριθμός μελετών που να αξιολογούν την απόδοση και την τακτική σε κάποια συγκεκριμένη απόσταση, συγκρίνοντας το ανυπόδητο τρέξιμο και το τρέξιμο με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα, βοηθώντας στο να προκύψουν και κάποια πιο χρήσιμα πρακτικά ευρήματα, μιας και ένα από τα βασικά ζητούμενα στον αγωνιστικό αθλητισμό είναι η απόδοση. Ακόμη, η μελέτη αυτή συνεισφέρει με τα αποτελέσματά της στο να ξεκαθαρίσει εάν και κατά πόσο τελικά επηρεάζει η χρήση ελάχιστων υποδημάτων τις φυσιολογικές παραμέτρους στο τρέξιμο, καθότι στη βιβλιογραφία τα συμπεράσματα είναι αντικρουόμενα και δυσερμήνευτα.

2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με την αναλυτική μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με το ανυπόδητο τρέξιμο και διάφορες παραμέτρους που μπορεί αυτό να επηρεάζει. Αρχικά, ως ανυπόδητο τρέξιμο ορίζεται το τρέξιμο χωρίς υποδήματα ή με κάποια ελάχιστα υποδήματα, τα οποία απλά προστατεύουν από τραυματισμούς αιχμηρών αντικειμένων και τυχόν εγκαύματα το πέλμα. Η επιστημονική κοινότητα έχει ασχοληθεί εδώ και αρκετά χρόνια με την μελέτη του συγκεκριμένου τρόπου τρεξίματος σε σύγκριση με το τρέξιμο με τα συμβατικά υποδήματα που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον από τους δρομείς όλων των ηλικιών και όλων των επιπέδων. Εξετάστηκαν οι βιομηχανικές παράμετροι του ανυπόδητου τρεξίματος, όπως είναι κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά, ο τύπος του διασκελισμού που μπορεί να χρησιμοποιούν οι δρομείς και κατά πόσο αυτός μπορεί να μεταβάλλεται αναλόγως και με το υπόδημα που φοράει αυτός, καθώς επίσης και οι γωνίες των αρθρώσεων των κάτω άκρων σε σχέση με την παραπάνω συνθήκη. Έπειτα, διερευνήθηκε εάν ο τύπος υποδήματος που χρησιμοποιείται κατά την άσκηση παίζει κάποιον ρόλο όσον αφορά στην πρόληψη των διαφόρων τραυματισμών και κακώσεων που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι δρομείς, καθώς επίσης και ο τρόπος με τον οποίο το ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να επηρεάσει φυσιολογικές παραμέτρους σε δρομείς, όπως είναι η κατανάλωση οξυγόνου, η δρομική οικονομία, η καρδιακή συχνότητα κ.ά. Επιπρόσθετα σε όλα τα παραπάνω, εξετάστηκε εάν ως συνέπεια όλων αυτών φαίνεται να υπάρχει κάποια βελτίωση στην απόδοση και τις επιδόσεις των αθλητών που τρέχουν ανυπόδητοι σε σχέση με αυτούς που χρησιμοποιούν υποδήματα. Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο, γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης εν συντομία των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων και προτάσεων για μια αποτελεσματική χρήση και εφαρμογή του ανυπόδητου τρεξίματος από τους αθλητές του κλασικού αθλητισμού.

2.2 ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ

Στο σημείο αυτό έγινε μια απόπειρα να παρουσιαστούν οι διάφορες αλλαγές που μπορεί να παρατηρηθούν μεταξύ του ανυπόδητου τρεξίματος και του τρεξίματος με συμβατικά υποδήματα από την βιομηχανική σκοπιά, ο ρόλος του ανυπόδητου τρεξίματος στην πρόληψη των τραυματισμών και οι φυσιολογικές προσαρμογές που μπορεί να προκαλεί η συγκεκριμένη συνθήκη τρεξίματος, κατά κύριο λόγο ως προς το ενεργειακό της κόστος και την επίδρασή της στην απόδοση και την επίδοση των δρομέων.

2.2.1 ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Τα τελευταία χρόνια το τρέξιμο για αναψυχή έχει μπει για τα καλά στην καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου, μιας και έχει αποδεδειγμένα πολλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της καλής καρδιαγγειακής, φυσικής και πνευματικής κατάστασης και λειτουργίας. Παρόλα αυτά υπάρχει μια πληθώρα κινδύνων που συνοδεύουν αυτήν την δραστηριότητα, με το πιο κοινό πρόβλημα να είναι οι μυοσκελετικοί τραυματισμοί που σχετίζονται με λανθασμένη επιλογή υποδημάτων, τα προπονητικά σφάλματα και η εκτεταμένη χρήση υποδημάτων που έχουν φθαρεί, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται οι βιομηχανικές παράμετροι και οι εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης κατά το τρέξιμο. Το 65% περίπου των χρόνιων τραυματισμών προκύπτει από έναν αυξημένο όγκο προπόνησης σε μόνιμη βάση, από κάποια απότομη αύξηση αυτού, από αυξημένη ένταση προπόνησης και από το τρέξιμο σε ανώμαλες και τραχιές επιφάνειες. Από την αρχαιότητα μέχρι και πολύ πρόσφατα, οι άνθρωποι έτρεχαν και εκτελούσαν όλες τις δραστηριότητές τους ανυπόδητοι ή φορώντας κάποιο ελάχιστο υπόδημα, ενώ τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά εμφανίστηκαν ευρέως περίπου την δεκαετία του 1970. Στις μέρες μας υπάρχει μια σύγχρονη τάση να επιστρέφουν οι δρομείς στο ανυπόδητο ή με ελάχιστο υπόδημα τρέξιμο. Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ του τρεξίματος με συμβατικό αθλητικό υπόδημα και του ανυπόδητου ή με ελάχιστο υπόδημα είναι ότι στην πρώτη περίπτωση οι δρομείς κατά την αρχική φάση προσγείωσης έρχονται σε επαφή με το έδαφος με το πίσω μέρος του ποδιού, ενώ στην δεύτερη περίπτωση η πρώτη επαφή με το έδαφος γίνεται με το πρόσθιο ή το μεσαίο μέρος του ποδιού. Πολλές φορές, διάφοροι επιστήμονες, όπως

φυσικοθεραπευτές και άλλοι, καλούνται να εκτιμήσουν τον τρόπο με τον οποίο εκτελεί τον διασκελισμό κάποιος ασκούμενος ή ασθενής προκειμένου να καθοριστεί ποιο είναι το κατάλληλο υπόδημα και ποια προπονητική επιβάρυνση είναι επαρκής γι' αυτόν. Με μια σαφέστερη κατανόηση του τρεξίματος και της πολυπλοκότητας αυτού, ο φυσιοθεραπευτής και ο εκάστοτε αθλητικός επιστήμονας θα είναι σε θέση να αναγνωρίσει καλύτερα τα σφάλματα που μπορεί να γίνονται και να δημιουργήσει εξειδικευμένα προγράμματα αποκατάστασης και προπόνησης ασθενών που αντιμετωπίζουν μυοσκελετικές κακώσεις (Lohman III, Sackiriyas, & Swen, 2011).

Μια πρόσφατη μελέτη που διενεργήθηκε, προσπάθησε να εξετάσει την επίδραση που έχουν στην βάδιση τέσσερα διαφορετικά είδη υποδημάτων: τα σανδάλια, οι παντόφλες, τα αθλητικά υποδήματα για τρέξιμο και η ανυπόδητη βάδιση. Οι συγκεκριμένες συνθήκες δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς και δεν είναι πλήρως κατανοητή η επίδρασή τους σε διάφορες παραμέτρους της βάδισης. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν οι εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης, το κέντρο πίεσης στο πέλμα και άλλες κινητικές και κινηματικές παράμετροι. Οι δέκα δοκιμαζόμενοι που συμμετείχαν στην μελέτη εκτέλεσαν από πέντε προσπάθειες βάδισης σε κάθε μία από τις τέσσερις συνθήκες σε ταχύτητα $1,3 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$. Τα αποτελέσματα έδειξαν μικρότερο ρυθμό φόρτισης στην πρώτη μέγιστη κατακόρυφη και προωθητική εδαφική δύναμη αντίδρασης και μεγαλύτερη μέγιστη ραχιαία κάμψη κατά την πρώιμη στάση στη συνθήκη όπου οι δοκιμαζόμενοι φορούσαν αθλητικά υποδήματα σε σύγκριση με την ανυπόδητη συνθήκη, τα σανδάλια και τις παντόφλες. Η ανυπόδητη βάδιση απέδωσε μεγαλύτερη μεσοπλευρική μετατόπιση του κέντρου πίεσης, πιο επίπεδη γωνία επαφής του ποδιού, αυξημένη γωνία κάμψης της ποδοκνημικής κατά την επαφή και μικρότερη γωνία κάμψης του γόνατος και εύρος κίνησης κατά την επαφή σε σχέση με τις άλλες συνθήκες που εξετάστηκαν σε αυτήν την μελέτη. Συμπερασματικά, οι συγγραφείς καταλήγουν ότι η ανυπόδητη βάδιση και η βάδιση με σανδάλια ή παντόφλες αποδίδει διαφορετικές εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης σε σχέση με τα αθλητικά υποδήματα, ενώ όλα τα είδη υποδημάτων παρουσίαζαν διαφορετικό κέντρο πίεσης στο πέλμα και διαφορετικά κινηματικά χαρακτηριστικά στην ποδοκνημική και το γόνατο σε σχέση με την ανυπόδητη βάδιση (Zhang, Paquette, & Zhang, 2013).

Η κατασκευή του αθλητικού υποδήματος φαίνεται πως επηρεάζει τις δυνάμεις που δέχεται το ανθρώπινο σώμα κατά το τρέξιμο. Σε μια πρόσφατη έρευνα έγινε μια προσπάθεια να μελετηθεί εάν και κατά πόσο η νέα γεωμετρία της σόλας του αθλητικού υποδήματος “On” (εικόνα 2.2.1.1) μειώνει τις εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης και επηρεάζει φυσιολογικές παραμέτρους συγκρινόμενη με το τρέξιμο



Εικόνα 2.2.1.1: Αθλητικό υπόδημα “On”

με συμβατικά αθλητικά υποδήματα και με το ανυπόδητο τρέξιμο. Τριάντα επτά γυμνασμένοι άνδρες δοκιμαζόμενοι αξιολογήθηκαν στις τρεις συνθήκες σε υπομέγιστες εντάσεις τρεξίματος. Οι μεταβλητές που μετρήθηκαν ήταν οι εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης κατά το τρέξιμο, το πρότυπο διασκελισμού, ο πνευμονικός αερισμός, η κατανάλωση οξυγόνου και η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, η καρδιακή συχνότητα και η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα σε προοδευτικά αυξανόμενη υπομέγιστη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα υποδήματα “On” παρουσίαζαν παρόμοιες εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα και διαφορετικές με το ανυπόδητο τρέξιμο. Μεταξύ των δύο συνθηκών με υποδήματα δεν εμφανίστηκε διαφορά ως προς την δρομική οικονομία, ενώ το τρέξιμο με το υπόδημα “On” είχε ως αποτέλεσμα μια ελαφρώς χαμηλότερη καρδιακή συχνότητα και συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα. Επιπλέον, με το υπόδημα “On” υπήρχε και μεγαλύτερη πλευρική απόκλιση του κέντρου πίεσης κατά την φάση στήριξης. Ένας περιορισμός της παρούσας έρευνας θα μπορούσε να είναι ότι δεν υπήρχε εξοικείωση με την σόλα νέας γεωμετρίας, κάτι το οποίο να διαφοροποιούσε τις βιομηχανικές παραμέτρους που μετρήθηκαν. Επιπρόσθετα, όσον αφορά στην επίδραση του υποδήματος “On” στην καρδιακή συχνότητα και την συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα, δεν είναι γνωστό με ποιον τρόπο μπορεί να επηρεάσει την αγωνιστική απόδοση, γι’ αυτό και απαιτείται περαιτέρω έρευνα και πάνω σε άλλες βιομηχανικές παραμέτρους, όπως την κινηματική ανάλυση και την μελέτη της μυϊκής δραστηριότητας, μέσω των οποίων ενδεχομένως να μπορούσε να δοθεί μια εξήγηση για τη σημαντική μεταβολή

αυτών των φυσιολογικών μεταβλητών (Knoepfli-Lenzin, Waech, Gulay, Schellenberg, & Lorenzetti, 2014).

Μια άλλη μελέτη είχε ως σκοπό να ερευνήσει χωροχρονικές μεταβλητές, εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης και τα κινηματικά χαρακτηριστικά στο οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο κατά το ανυπόδητο τρέξιμο και το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν εννέα προπονημένοι δοκιμαζόμενοι, οι οποίοι κλήθηκαν να τρέξουν σε τρεις διαφορετικές ταχύτητες, στα 3,5, 4,5 και 5,5 m.sec⁻¹ και στις δύο συνθήκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ανυπόδητο τρέξιμο χαρακτηριζόταν από σημαντικά μεγαλύτερο ρυθμό εξωτερικής φόρτισης σε σύγκριση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα. Η πιο επίπεδη τοποθέτηση του ποδιού, όπως συμβαίνει και σε περιπτώσεις πλατυποδίας (flatfoot) όπου υπάρχει υπερβολικός πρηνισμός του κάτω άκρου, κατά την φάση επαφής ξεκινάει να πραγματοποιείται ήδη από την φάση της πτήσης, κάτι το οποίο υποδηλώνει ότι δημιουργείται μια ενεργητική προσαρμοστική στρατηγική του οργανισμού σύμφωνα με την συγκεκριμένη συνθήκη τρεξίματος. Κατά το ανυπόδητο τρέξιμο φαίνεται ότι η πιο επίπεδη τοποθέτηση του ποδιού στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται χαμηλότερες μέγιστες πιέσεις στην φτέρνα και γι' αυτό γίνεται η υπόθεση ότι οι δρομείς υιοθετούν τον συγκεκριμένο τρόπο επαφής με το έδαφος για να περιορίσουν τις τοπικές πιέσεις κάτω από την φτέρνα. Επιπλέον, η σκληρότητα του ποδιού κατά την φάση στήριξης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, ενώ όσον αφορά στα κινηματικά χαρακτηριστικά στο οβελιαίο επίπεδο δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των συνθηκών υπόδησης και μεταξύ των διαφορετικών ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν μεγάλες ατομικές διαφορές μεταξύ των δρομέων όσον αφορά στην κινηματική του πίσω ποδιού (De Wit, De Clercq, & Aerts, 2000).

Εξίσου ενδιαφέρον θα ήταν να μελετηθεί εάν και κατά πόσο υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα βιομηχανικά χαρακτηριστικά κατά το ανυπόδητο τρέξιμο με βάση τον τρόπο με τον οποίο πατούν οι δρομείς στο έδαφος. Συγκεκριμένα, υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι να πατήσει κανείς στο έδαφος: η επαφή με την φτέρνα, η επαφή με το μέσο του πέλματος, η επαφή με το πρόσθιο μέρος του

πέλματος και η επαφή με τα δάκτυλα. Οι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν ανυπόδητοι σε ταχύτητα $3,6 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε διαφορά στον χρόνο επαφής με το έδαφος και το μήκος διασκελισμού μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών, κάτι το οποίο μπορεί να σημαίνει ότι πιθανά οφέλη μιας επαφής που δεν γίνεται με την φτέρνα μπορεί να οφείλεται περισσότερο στην δράση του ανυπόδητου τρεξίματος, το οποίο προωθεί έναν τέτοιου τύπου διασκελισμό, παρά στον τρόπο με τον οποίο κάνει τον διασκελισμό του ο δρομέας. Ως προς τα κινηματικά χαρακτηριστικά, φαίνεται ότι το τρέξιμο με το πρόσθιο μέρος του πέλματος και αυτό με τα δάκτυλα του ποδιού απαιτεί μεγαλύτερη σκληρότητα στο κάτω άκρο σε σχέση με τις άλλες δύο συνθήκες, ενώ το τρέξιμο με τα δάκτυλα του ποδιού φαίνεται να εφαρμόζει μεγαλύτερο φορτίο στον αχίλλειο τένοντα, τους πελματιαίους καμπήρες και τις κεφαλές των μεταταρσίων. Αυτό σημαίνει ότι ο διασκελισμός με προσγείωση στα δάκτυλα του ποδιού θα πρέπει να χρησιμοποιείται με επιφύλαξη από ερασιτέχνες και δρομείς αναψυχής, για να αποφευχθεί η υπερβολική φόρτιση του μυοσκελετικού συστήματος των κάτω άκρων τους (Nunns, House, Fallowfield, Allsopp, & Dixon, 2013).

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία φαίνεται πως κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, αλλά και κατά το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, όταν ο αθλητής πατάει με το πρόσθιο τμήμα του ποδιού του εμφανίζονται αρκετές διαφοροποιήσεις στις βιομηχανικές παραμέτρους σε σχέση με το τρέξιμο με υποδήματα, όταν ο αθλητής πατάει με το οπίσθιο τμήμα του ποδιού του. Προκειμένου να διαπιστωθεί ο βαθμός στον οποίο οι προαναφερθείσες συνθήκες προκαλούν διαφορετικές βιομηχανικές αποκρίσεις, σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε πρόσφατα εξετάστηκαν δέκα άνδρες και δέκα γυναίκες που συνήθιζαν να τρέχουν πατώντας το οπίσθιο τμήμα του ποδιού τους. Οι δοκιμαζόμενοι αξιολογήθηκαν ως προς τις γωνίες κατά την κάμψη του γόνατος, την κάμψη του ισχίου και την πελματιαία κάμψη κατά την αρχική επαφή με το έδαφος, καθώς επίσης και η κορυφαία ισχύς που εμφανίστηκε στο οβελιαίο επίπεδο στις αρθρώσεις του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής κατά την φάση στήριξης. Τα κυριότερα αποτελέσματα έδειξαν πως το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα πατώντας το πρόσθιο τμήμα του ποδιού και το ανυπόδητο τρέξιμο είχαν σημαντικά μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη και σημαντικά καλύτερη

απορρόφηση στην άρθρωση του γόνατος, μιας και η δύναμη που ασκούνταν στην συγκεκριμένη άρθρωση με τα δύο παραπάνω πρότυπα τρεξίματος είχε τη λιγότερο αρνητική επίδραση συγκρινόμενη με το τρέξιμο με υποδήματα πατώντας το οπίσθιο τμήμα του ποδιού. Επιπρόσθετα, οι δοκιμαζόμενοι που έτρεξαν αθλητικά υποδήματα πατώντας το πρόσθιο τμήμα του ποδιού φάνηκε να έχουν κατά την προσγείωση την μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη, ενώ κατά την φάση στήριξης εμφάνισαν την υψηλότερη κορυφαία δύναμη απορρόφησης στην ποδοκνημική και την χαμηλότερη κορυφαία δύναμη απορρόφησης στο γόνατο μεταξύ των εξεταζόμενων συνθηκών. Η συνθήκη τρεξίματος με αθλητικά υποδήματα πατώντας το πρόσθιο τμήμα του ποδιού και ανυπόδητο τρεξίματος εμφάνισαν σημαντικά χαμηλότερη συνολική δύναμη απορρόφησης στα κάτω άκρα σε σύγκριση με την συνθήκη τρεξίματος με αθλητικά υποδήματα πατώντας το οπίσθιο τμήμα του ποδιού, χωρίς όμως να παρουσιάζουν σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να εξετάζονται με ιδιαίτερη προσοχή, διότι παρόλο που μεμονωμένα οι διαφοροποιήσεις στις δυνάμεις απορρόφησης μεταξύ των συνθηκών μπορεί να είναι επωφελείς, υπάρχει η πιθανότητα η αυξημένη απορρόφηση δυνάμεων να οδηγήσει σε αυξημένο ρίσκο τραυματισμού στο άκρο πόδι και την ποδοκνημική άρθρωση. Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις εμφανίζονται λίγο πιο έντονα όταν οι δρομείς τρέχουν με υποδήματα πατώντας το πρόσθιο τμήμα του ποδιού τους, εάν συγκρίνουμε αυτό το πρότυπο τρεξίματος με το ανυπόδητο τρέξιμο, κάτι το οποίο σημαίνει ότι για να αποκομίσει ο αθλούμενος τα πιθανά οφέλη δεν είναι απαραίτητο να τρέχει ανυπόδητος ή με ελάχιστα υποδήματα. Είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν μακροχρόνιες μελέτες για να διερευνηθεί εάν υπάρχει κάποιο μακροπρόθεσμο όφελος τρέχοντας κάποιος αθλητής με το πρόσθιο τμήμα του ποδιού του με υποδήματα ή ανυπόδητος, καθώς επίσης και κατά πόσο αυτά τα δρομικά πρότυπα μπορεί να επηρεάζουν ήδη τραυματισμένους αθλητές ή αθλητές με χρόνια προβλήματα, όπως είναι η οστεοαρθρίτιδα (Williams III, Green, & Wurzinger, 2012).

Επειδή η χρήση διαφορετικού τύπου υποδημάτων μαζί με άλλες παρεμβάσεις που μπορεί να γίνουν επηρεάζουν τις χωροχρονικές παραμέτρους κατά το τρέξιμο, είναι σχετικά αβέβαιο ποια είναι η προέλευση αυτών των μεταβολών. Σκοπός, λοιπόν,

μιας πρόσφατης μελέτης ήταν να εξετάσει ανεξάρτητα την επίδραση των υποδημάτων και των αλλαγών στο μήκος διασκελισμού στα κινητικά χαρακτηριστικά των κάτω άκρων. Έτσι, έντεκα δοκιμαζόμενοι κλήθηκαν να τρέξουν με το κανονικό τους μήκος διασκελισμού και στην συνέχεια με 5% και 10% μεγαλύτερο μήκος διασκελισμού σε σχέση με αυτό που έτρεχαν συνήθως και με την χρήση υποδημάτων και ανυπόδητοι. Η μελέτη έδειξε σημαντική κύρια επίδραση του μήκους διασκελισμού στις προσθιοπίσθιες και κατακόρυφες εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης και στην κινητική του γόνατος και της ποδοκνημικής στο οβελιαίο επίπεδο και στις δύο συνθήκες υπόδησης. Μάλιστα, όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν με παρόμοιο μήκος διασκελισμού είτε με αθλητικά υποδήματα είτε ανυπόδητοι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις κινητικές μεταβλητές. Αυτό σημαίνει ότι το ανυπόδητο τρέξιμο προκαλεί την εμφάνιση ενός μικρότερου μήκους διασκελισμού, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερες εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης και βελτιωμένες κινητικές προσαρμογές στο οβελιαίο επίπεδο στις αρθρώσεις των κάτω άκρων. Επομένως, όταν αξιολογείται το ανυπόδητο τρέξιμο ως μια πιθανή λύση για την μείωση των τραυματισμών θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν και η μεταβολή στο μήκος διασκελισμού που το συνοδεύει (Thompson, Gutmann, Seegmiller, & McGowan, 2014).

Όσον αφορά στα φορτία που δέχονται η άρθρωση της ποδοκνημικής και του γόνατος με την χρήση ανυπόδητου τρεξίματος ή ελάχιστων υποδημάτων, εμπνευσμένων από το ανυπόδητο τρέξιμο, μια πρόσφατη μελέτη σε τριάντα άντρες δρομείς που έτρεχαν για αναψυχή και σε ταχύτητα $4 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, έδειξε ότι στην άρθρωση του γόνατος οι δύο αυτές συνθήκες σχετίζονταν με σημαντική βελτίωση των κινητικών παραμέτρων του μηριαίου οστού και της κνήμης, αλλά αυξάνουν σημαντικά τις φορτίσεις στον αχίλλειο τένοντα του δρομέα. Επομένως, μπορεί το ανυπόδητο τρέξιμο να προφυλάσσει από τραυματισμούς σε μεγάλο βαθμό την άρθρωση του γόνατος, αλλά φορτίζει πολύ τον αχίλλειο τένοντα και μπορεί να προκαλέσει κάποιον τραυματισμό στο συγκεκριμένο σημείο λόγω υπερβολικής φόρτισης (Sinclair, 2014).

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να διερευνηθεί είναι ο τρόπος με τον οποίο ο τύπος του υποδήματος μπορεί να επηρεάσει το δρομικό πρότυπο των

παιδιών κατά την προ-εφηβική ηλικία. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε με τριάντα έξι παιδιά ηλικίας 6-9 ετών με φυσιολογική ανάπτυξη εξέτασε τις κινηματικές παραμέτρους και τις εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης κατά το τρέξιμο στην ανυπόδητη συνθήκη και με αθλητικά υποδήματα. Μάλιστα, όσον αφορά στην συνθήκη με τα αθλητικά υποδήματα, οι ερευνητές επέλεξαν να δημιουργήσουν δύο επιμέρους συνθήκες, δηλαδή να χρησιμοποιήσουν συμβατικά αθλητικά υποδήματα με παχιά σόλα και ελάχιστα αθλητικά υποδήματα. Η γωνία της ποδοκνημικής κατά τον διασκελισμό διέφερε σημαντικά μεταξύ των τριών συνθηκών. Συγκεκριμένα, την μικρότερη γωνία ποδοκνημικής κατά τον διασκελισμό είχε το ανυπόδητο τρέξιμο, ακολουθούμενο από το τρέξιμο με τα ελάχιστα υποδήματα και τα αθλητικά υποδήματα με παχιά σόλα, που εμφάνιζαν την μεγαλύτερη γωνία στην ποδοκνημική κατά τον διασκελισμό σε σύγκριση με τις άλλες δύο συνθήκες. Επιπρόσθετα, με την χρήση υποδημάτων αυξήθηκε η μέγιστη εδαφική δύναμη αντίδρασης κατά την πρόσκρουση, το μήκος διασκελισμού, το πλάτος του διασκελισμού και η συχνότητα διασκελισμού του πίσω ποδιού. Οι ερευνητές, λοιπόν, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι εφόσον η χρήση υποδημάτων, και ειδικότερα των αθλητικών υποδημάτων με παχιά σόλα, επηρεάζει την βιομηχανική του τρεξίματος στα παιδιά προ-εφηβικής ηλικίας, οι γονείς θα πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των υποδημάτων των παιδιών τους, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε παιδιού ξεχωριστά (Hollander, Riebe, Campe, Braumann, & Zech, 2014).

Μια πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε παιδιά εφηβικής ηλικίας είχε ως σκοπό να προσδιορίσει εάν ο τύπος του υποδήματος έχει κάποια επίδραση στην βιομηχανική του τρεξίματος και να απαντήσει στο ερώτημα εάν το στυλ του τρεξίματος μεταβάλλεται σε αθλητές αυτής της ηλικιακής κατηγορίας εξαιτίας αυτής της παραμέτρου. Δώδεκα έφηβοι αθλητές, έξι αγόρια και έξι κορίτσια, ηλικίας από 13 έως 18 ετών, με προπονητική ηλικία και συμμετοχή σε αγώνες κατά μέσο όρο 4,08 χρόνια πραγματοποίησαν ένα προοδευτικά αυξανόμενο υπομέγιστο τεστ σε δαπεδοεργόμετρο σε τέσσερις ταχύτητες που αντιπροσώπευαν τις ταχύτητες στις οποίες αγωνίζονται παιδιά αυτής της ηλικίας σε αγωνίσματα μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων. Οι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν με βαρύ αθλητικό υπόδημα με χοντρή σόλα κάτω από την φτέρνα, με ελαφρύ αγωνιστικό παπούτσι και ανυπόδητοι, ενώ

αξιολογήθηκε το μήκος διασκελισμού, το ύψος στο οποίο βρισκόταν η φτέρνα κατά την οπίσθια φάση αιώρησης και την επαφή φτέρνας και εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο τύπος του υποδήματος επηρεάζει σημαντικά την εμβιομηχανική του τρεξίματος. Το σημείο επαφής φτέρνας-εδάφους μεταβαλλόταν σημαντικά ανάλογα με το υπόδημα και την ταχύτητα τρεξίματος. Επιπρόσθετα, με το βαρύ αθλητικό υπόδημα οι δοκιμαζόμενοι είχαν την τάση να πατούν με την φτέρνα, κάτι το οποίο έγινε στο 69,79% των περιπτώσεων ανεξάρτητα από την ταχύτητα τρεξίματος, σε αντίθεση με την συνθήκη του αγωνιστικού υποδήματος που η φτέρνα ήταν το πρώτο σημείο επαφής με το έδαφος σε ποσοστό μικρότερο του 35% και με το ανυπόδητο τρέξιμο που αυτό συνέβαινε σε λιγότερες από το 30% των περιπτώσεων. Επομένως, το βαρύ προπονητικό υπόδημα προωθεί έναν τύπο διασκελισμού με το οπίσθιο μέρος του ποδιού, σε αντίθεση με το ελαφρύ αγωνιστικό υπόδημα και το ανυπόδητο τρέξιμο, που προωθούν έναν τύπο διασκελισμού με το μεσαίο ή το πρόσθιο τμήμα. Παρόλο που η προπόνηση με βαρύ υπόδημα δεν έχει αποδειχθεί ξεκάθαρα ότι μειώνει την απόδοση, είναι αρκετά σαφές ότι μεταβάλλει το πρότυπο διασκελισμού και υπάρχει ο προβληματισμός κατά πόσο αυτό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά έναν έφηβο δρομέα, ο οποίος δεν έχει διαμορφώσει ακόμα πλήρως το δρομικό του στυλ (Mullen & Toby, 2013).

Η γεωμετρία του κάτω άκρου κατά την φάση της επαφής έχει σημαντική επίδραση στις φορτίσεις που δέχεται αυτό κατά την πρώιμη φάση στήριξης στο τρέξιμο. Σκοπός μιας πρόσφατης έρευνας (Willwacher, Regniet, Fischer, Oberlander, & Bruggemann, 2014) ήταν να διερευνήσει την επίδραση του είδους της υπόδησης, του είδους της επιφάνειας του εδάφους και του φύλου στην κινηματική του διασκελισμού των κάτω άκρων σε σταθερή ταχύτητα ($3,5 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$). Στη μελέτη συμμετείχαν είκοσι άνδρες και δεκαεννέα γυναίκες, οι οποίοι έτρεξαν ανυπόδητοι και με ένα ουδέτερο αθλητικό υπόδημα σε τέσσερις διαφορετικές επιφάνειες εδάφους. Στις σκληρότερες επιφάνειες και τρέχοντας ανυπόδητοι, οι δοκιμαζόμενοι επέλεξαν να τρέξουν και να προσγειωθούν με μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη και γωνία ποδοκνημικής άρθρωσης, ενώ το κάτω άκρο τους είχε μια πιο κάθετη ευθυγράμμιση. Επίσης, ανάλογα με την σκληρότητα του εδάφους εντοπίστηκαν διαφορετικές στρατηγικές προσαρμογής ανάλογα εάν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν

ανυπόδητοι ή με αθλητικά υποδήματα. Φαίνεται ότι ο τρόπος με τον οποίο θα προσγειωθούν οι δοκιμαζόμενοι έχει να κάνει με την κατανομή της δύναμης και την ενεργειακή απορρόφηση μιας δεδομένης επιφάνειας τρεξίματος σε συνδυασμό με τον τύπο του υποδήματος που χρησιμοποιείται. Εάν το συνδυαστικό μέγεθος που συνυπολογίζει τον τύπο της επιφάνειας τρεξίματος και τον τύπο του υποδήματος ξεπερνά ένα συγκεκριμένο επίπεδο φαίνεται πως η κινηματική των κάτω άκρων κατά την επαφή με το έδαφος προσαρμόζεται για να βελτιωθεί η σταθερότητα της άρθρωσης. Ολοκληρώνοντας, και όσον αφορά στο φύλο, οι διαφορές φάνηκε να εστιάζονται μόνο στον προσανατολισμό της κνήμης και του μηρού στο μετωπιαίο επίπεδο, καθώς επίσης και στην γωνία κάμψης του γόνατος (Willwacher, Regnier, Fischer, Oberlander, & Bruggemann, 2014).

Σε μια ακόμη πρόσφατη μελέτη (Morley et al., 2010), δεκαεπτά άνδρες και δεκατρείς γυναίκες δρομείς αξιολογήθηκαν προκειμένου να εντοπιστεί η σχέση μεταξύ του επιπέδου του πρηνισμού του άκρου ποδός και των πλευρικών εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης κατά το ανυπόδητο τρέξιμο και το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα. Οι δοκιμαζόμενοι, ανάλογα με το επίπεδο του πρηνισμού που εμφάνιζαν διαχωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, σε αυτές του χαμηλού, του μέτριου και του υψηλού πρηνισμού, και μετρήθηκε σε κάθε έναν από αυτούς η κορυφαία δύναμη εδαφικής αντίδρασης, ο αντίστοιχος χρόνος εμφάνισης και οι διάφορες ορμές. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως στην συνθήκη ανυπόδητου τρεξίματος όλες οι ομάδες είχαν μειωμένη γωνία συστροφής, χωρίς ωστόσο να υπάρχει στατιστική σημαντικότητα στην ομάδα χαμηλού πρηνισμού. Τόσο η ομάδα μεσαίου όσο και η ομάδα υψηλού πρηνισμού εμφάνισαν σημαντικά χαμηλότερες μέγιστες γωνίες συστροφής κατά το ανυπόδητο τρέξιμο συγκριτικά με το τρέξιμο με υποδήματα. Μια πιθανή αιτία που το αθλητικό υπόδημα δεν προσφέρει την σταθερότητα που ανέμεναν οι συγγραφείς, αλλά συμβαίνει μάλιστα το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή οι γωνίες συστροφής του άκρου ποδός να είναι μικρότερες κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, είναι ότι τροποποιείται η τεχνική του τρεξίματος και αυξάνεται η πελματιαία κάμψη στην πρώτη φάση στήριξης, που συνδέεται με τον υπτιασμό της ποδοκνημικής άρθρωσης. Επιπλέον, η κορυφαία πλευρική εδαφική δύναμη αντίδρασης εμφανιζόταν νωρίτερα στην συνθήκη ανυπόδητου τρεξίματος σε όλες τις ομάδες,

κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από την προϋπάρχουσα βιβλιογραφία. Τα παραπάνω αποτελέσματα, σύμφωνα με τους συγγραφείς, αποδεικνύουν ότι οι πλευρικές εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης δεν σχετίζονται με τον πρηνισμό τόσο όσο πιστευόταν κατά το παρελθόν. Ο Donoghue και οι συνεργάτες του (2008), σύγκριναν τα κινηματικά χαρακτηριστικά μιας ομάδας που πάσχει από κάποιον χρόνιο τραυματισμό στον αχίλλειο τένοντα και μιας ομάδας ελέγχου στο τρέξιμο με υποδήματα και στο ανυπόδητο τρέξιμο, βρέθηκε πως το υπόδημα σε σχέση με το ανυπόδητο τρέξιμο οδηγεί σε υψηλότερη μέγιστη γωνία πρηνισμού και υψηλότερο εύρος κίνησης κατά τον πρηνισμό του ποδιού, κάτι το οποίο διογκώνεται στην ομάδα με τον χρόνιο τραυματισμό στον αχίλλειο τένοντα.

Μια ακόμη προσέγγιση θα μπορούσε να είναι η μελέτη της μετατάρσιο-φαλαγγικής άρθρωσης ως προς τα βιομηχανικά της χαρακτηριστικά κατά την εκτέλεση σπριντ με αγωνιστικά παπούτσια με καρφιά (spikes) και χωρίς υποδήματα. Είναι γνωστό από την βιβλιογραφία ότι η συγκεκριμένη άρθρωση συμβάλλει σημαντικά στην απόδοση σε δοκιμασίες ταχύτητας. Προκειμένου να διερευνηθεί το παραπάνω θέμα οι Smith, Lake, & Lees, (2014) υπέβαλαν οκτώ καλά προπονημένους δρομείς ταχύτητας να εκτελέσουν οκτώ δοκιμασίες ταχύτητας, τέσσερις ανυπόδητοι και τέσσερις με συμβατικά αγωνιστικά υποδήματα με καρφιά. Στην απόσταση των 20 μέτρων αξιολογήθηκαν η γωνία, η γωνιακή ταχύτητα, η ορμή, η ισχύς και η παραγόμενη ενέργεια στην μετατάρσιο-φαλαγγική άρθρωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με τα αγωνιστικά υποδήματα υπήρχε μια σημαντικά αυξημένη ταχύτητα κίνησης κατά περίπου $0,3 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, με ταυτόχρονο όμως περιορισμό του εύρους κίνησης της άρθρωσης κατά περίπου 17,9% και της κορυφαίας ταχύτητας ραχιαίας κάμψης κατά περίπου 25,5%. Με αυτόν τον τρόπο το συγκεκριμένο υπόδημα επηρεάζει τη φυσική συμπεριφορά του άκρου ποδός, αλλά παράλληλα, βελτιώνει και τα κινητικά χαρακτηριστικά της άρθρωσης, αυξάνοντας σημαντικά την ορμή της μετατάρσιο-φαλαγγικής άρθρωσης (15%) και της συνολικής παραγόμενης ενέργειας κατά την φάση ώθησης, η οποία είναι ιδιαίτερης σημασίας στην συγκεκριμένη δραστηριότητα. Η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε ότι με το υπόδημα υπήρχε εμφανώς βελτιωμένη απόδοση στην δοκιμασία ταχύτητας σε σχέση με την ανυπόδητη συνθήκη. Παρόλο που αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε μια πληθώρα παραγόντων,

οι μελετητές πιστεύουν ότι η μετατάρσιο-φαλαγγική άρθρωση και η λειτουργία της έχει μια σημαντική επίδραση στην όλη διαδικασία, μιας και αποτελεί έναν από τους βασικούς μηχανισμούς απορρόφησης ενέργειας κατά την ραχιαία κάμψη στην φάση στήριξης. Παράλληλα, τα αγωνιστικά υποδήματα με καρφιά βοηθούν στην προώθηση του δρομέα ταχύτητας, επειδή δημιουργούν έναν άκαμπτο μοχλό δίνοντας ώθηση και παράγοντας, έστω και λίγη, ενέργεια, καθώς τα δάκτυλα των ποδιών ξεκινούν να εκτελούν την πελματιαία κάμψη πριν από την στιγμή της απογείωσης.

Σε μια άλλη έρευνα έγινε η προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση πέντε διαφορετικών τύπων υποδημάτων και του ανυπόδητου τρεξίματος στο μοχλικό σύστημα που επηρεάζει την άρθρωση του γόνατος και την ποδοκνημική άρθρωση. Για το σκοπό αυτό, δεκατέσσερις νεαροί υγιείς άνδρες δρομείς αντοχής εκτέλεσαν την δρομική κίνηση ανυπόδητοι σε γρασίδι και με πέντε διαφορετικούς τύπους υποδήματος σε συνθετικό αγωνιστικό τάπητα (ταρτάν). Τα υποδήματα διέφεραν ως προς την γεωμετρία και το υλικό κατασκευής της ενδιάμεσης σόλας, το σύστημα απορρόφησης των κραδασμών, την μάζα τους και το εάν είχαν ή όχι κάποιο μηχανισμό που να λειτουργεί σαν ελατήριο. Οι ερευνητές θέλησαν να ελέγξουν σε κάθε συνθήκη πώς μεταβαλλόταν το πηλίκo του μοχλοβραχίονα ροπής γύρω από τις δύο προαναφερθείσες αρθρώσεις, καθώς αυτό αποτελεί έναν σημαντικό δείκτη επιβάρυνσης της άρθρωσης και μηχανικής απόδοσης. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά για τις πέντε συνθήκες με τα διαφορετικά υποδήματα ως προς το πηλίκo του μοχλοβραχίονα ροπής γύρω από το γόνατο και την ποδοκνημική άρθρωση, αλλά έδειξε ότι η χρήση αθλητικών υποδημάτων κατά το τρέξιμο μεταβάλλει τις ροπές στις παραπάνω αρθρώσεις εξαιτίας της αλλαγής στο μοχλοβραχίονα των εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης. Μεταξύ των τύπων των αθλητικών υποδημάτων δεν υπήρχαν διαφορές σε καμία μετρούμενη μεταβλητή. Αντίθετα, κατά το ανυπόδητο τρέξιμο η ποδοκνημική άρθρωση εμφάνισε μεγαλύτερο πηλίκo του μοχλοβραχίονα ροπής κατά την πρώιμη φάση στήριξης και μικρότερο κατά την τελευταία φάση στήριξης σε σύγκριση με το τρέξιμο με υποδήματα, ενώ η ίδια μεταβλητή στην άρθρωση του γόνατος ήταν χαμηλότερη κατά την μέση φάση στήριξης σε σχέση με την συνθήκη που περιελάμβανε αθλητικά υποδήματα. Επειδή οι μοχλοβραχίονες των ανταγωνιστικών μυοτενόντιων συνόλων

δεν μεταβάλλονταν κατά την διαδικασία του τρεξίματος, οι όποιες αλλαγές παρατηρήθηκαν μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά στην μεταβολή του μοχλοβραχίονα των δυνάμεων εδαφικής αντίδρασης. Αν κριθούν τα αποτελέσματα από την σκοπιά της πρόληψης των τραυματισμών, θα διαπιστωθεί ότι το ανυπόδητο τρέξιμο επιφέρει μικρότερες φορτίσεις στην άρθρωση του γόνατος σε σχέση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, ανεξάρτητα από το είδος τους, ενώ αν κριθούν από την σκοπιά της απόδοσης, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι το τρέξιμο με υποδήματα κατά την φάση της ώθησης του ποδιού προσφέρει μεγαλύτερο μοχλοβραχίονα των εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης, κάτι το οποίο μπορεί να επιτρέψει στους εκτείνοντες μύες να παράγουν δύναμη με μεγαλύτερη ευκολία, συγκριτικά με το ανυπόδητο τρέξιμο (Braunstein, Arampatzis, Eysel, & Bruggemann, 2010).

Μια ακόμη σημαντική άρθρωση του ανθρώπινου σώματος που αξίζει να μελετηθεί ως προς τα βιομηχανικά και κινηματικά της χαρακτηριστικά είναι η άρθρωση του ισχίου. Συχνές αιτίες του επιγονατιδομηριαίου πόνου και του συνδρόμου λαγονοκνημιαίας ταινίας είναι η υπερβολική προσαγωγή του ισχίου, η έσω στροφή του ισχίου και η ετερόπλευρη πτώση της λεκάνης, κυρίως στις γυναίκες ασκούμενες. Γι' αυτόν τον λόγο οι McCarthy, Fleming, Donne, & Blanksby (2015) εξέτασαν 23 γυναίκες που δεν είχαν υποστεί κάποιον προηγούμενο τραυματισμό και έτρεχαν για αναψυχή ως προς τις παραπάνω κινηματικές παραμέτρους, τρέχοντας σε υπομέγιστη δρομική ταχύτητα ($3,33 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$) με αθλητικά υποδήματα, αλλά και ανυπόδητες. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως όταν οι δοκιμαζόμενες έτρεχαν ανυπόδητες υιοθετούσαν έναν τύπο διασκελισμού με το πρόσθιο μέρος του ποδιού, εν αντιθέσει με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, όπου προτιμούσαν το τρέξιμο με το οπίσθιο μέρος του ποδιού. Επιπρόσθετα, βρέθηκε πως η προσαγωγή και η έσω στροφή του ισχίου, καθώς και η ετερόπλευρη πτώση της λεκάνης κατά το ανυπόδητο τρέξιμο ήταν στατιστικώς σημαντικά χαμηλότερη, σε σύγκριση με το τρέξιμο με υποδήματα, τόσο στην φάση αρχικής επαφής με το έδαφος, όσο και κατά το 10% της φάσης στήριξης, τα οποία αποτελούν χρονικά σημεία κατά τα οποία το κάτω άκρο απορροφά όλη την κινητική ενέργεια του σώματος. Κάτι τέτοιο, όπως επισημαίνουν και οι ερευνητές θα μπορούσε να σημαίνει πως το ανυπόδητο τρέξιμο θα μπορούσε να αποτελέσει μια

πολύ καλή επιλογή τόσο για την πρόληψη, όσο και για την αποκατάσταση των τραυματισμών του γόνατος σε γυναίκες δρομείς.

Επειδή ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στα βιομηχανικά χαρακτηριστικά των δρομέων είναι η εξοικείωση, μια ομάδα ερευνητών σκέφτηκε να εξετάσει κατά πόσο θα επηρέαζε διάφορες κινηματικές παραμέτρους η εξοικείωση τεσσάρων εβδομάδων με το ανυπόδητο τρέξιμο. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια δέκα γυναικών δρομέων ηλικίας περίπου 21 ετών και έγινε αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης, της μέγιστης πίεσης και οκτώ μέσων μέγιστων τοπικών πιέσεων που δεχόταν το πέλμα τόσο με την χρήση του ανυπόδητου τρεξίματος όσο και με την χρήση συμβατικών αθλητικών υποδημάτων. Αρχικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι από το αρχικό 30% των δοκιμαζομένων που χρησιμοποιούσαν το διασκελισμό με το εμπρός μέρος του ποδιού τους, μετά την εξοικείωση των τεσσάρων εβδομάδων το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 80%. Εν συνεχεία, από ό,τι φάνηκε, η εξοικείωση των τεσσάρων εβδομάδων με το ανυπόδητο τρέξιμο οδήγησε σε σημαντική μείωση της μέγιστης δύναμης και στις δύο συνθήκες υπόδησης, καθώς επίσης και μείωση στις πιέσεις στην φτέρνα. Αντίθετα, φάνηκε ότι κατά την διάρκεια των τεστ αυξήθηκε η μέγιστη πίεση που ασκήθηκε στο πέλμα κατά την συνθήκη ανυπόδητου τρεξίματος (Warne et al., 2014).

Επιπρόσθετα, οι McCarthy, Fleming, Donne, & Blanksby (2014), σχεδίασαν έρευνα όπου συμμετείχαν εννέα αθλήτριες που έτρεχαν για αναψυχή, ηλικίας περίπου 29 ετών και χωρίς προηγούμενη εμπειρία στο ανυπόδητο τρέξιμο, έγινε σταδιακή αύξηση του όγκου προπόνησης που έτρεχαν με την χρήση ελάχιστων υποδημάτων για δώδεκα εβδομάδες. Επίσης, υπήρχε και ομάδα ελέγχου, που αποτελούνταν από δέκα αθλήτριες, οι οποίες συνέχισαν να τρέχουν με το κανονικό τους αθλητικό υπόδημα. Οι υπομέγιστες δοκιμασίες που πραγματοποιήθηκαν σε διάδρομο έγιναν σε ταχύτητα 12 km.h^{-1} , πριν και μετά την παρέμβαση και για τις δύο συνθήκες υπόδησης. Η πειραματική ομάδα, μετά την περίοδο εξοικείωσης, εφάρμοζε πιο πολύ το τρέξιμο με το εμπρός μέρος του ποδιού σε σχέση με την ομάδα ελέγχου και στις δύο συνθήκες υπόδησης. Αλλαγές υπήρχαν και σε άλλες βιομηχανικές παραμέτρους, όπως οι γωνίες κάμψης της ποδοκνημικής κατά τον διασκελισμό και στις δύο

συνθήκες υπόδησης για την ερευνητική ομάδα, ενώ υπήρχε μεταβολή και στο εύρος της κίνησης της ποδοκνημικής άρθρωσης και της άρθρωσης του γόνατος κατά την απορροφητική φάση της στήριξης στο τρέξιμο. Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι η εξοικείωση δώδεκα εβδομάδων με τον ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να μεταβάλλει διάφορες βιομηχανικές παραμέτρους και να οδηγήσει στην υιοθέτηση ενός διασκελισμού με το εμπρός μέρος του ποδιού ανεξάρτητα από το υπόδημα που θα επιλέξει να χρησιμοποιήσει ο δρομέας.

Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί πως παρόλο που πάρα πολλές έρευνες χρησιμοποιούν τα ελάχιστα υποδήματα για να προσομοιάσουν το ανυπόδητο τρέξιμο, υπάρχουν και μελέτες που αμφισβητούν αυτήν την προσέγγιση, είτε εν μέρει, είτε και ολοκληρωτικά. Έτσι, οι Hein και Grau (2014), προσπάθησαν να συγκρίνουν το ανυπόδητο τρέξιμο με το τρέξιμο με συγκεκριμένο μοντέλο ελάχιστου υποδήματος (Nike Free 3.0). Εξετάστηκαν τριάντα επτά υγιείς δοκιμαζόμενοι ως προς τα κινηματικά χαρακτηριστικά των κάτω άκρων τους στις δύο αυτές συνθήκες υπόδησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπήρχαν ορισμένες διαφορές που επικεντρώνονταν στην αρχική φάση στήριξης στο τρέξιμο, τόσο στο οβελιαίο όσο και στο μετωπιαίο επίπεδο. Επίσης, κατά το ανυπόδητο τρέξιμο το πέλμα προσγειωνόταν με πιο επίπεδο τρόπο, με μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη και μικρότερη συστροφή κατά το πάτημα με το πίσω μέρος του πέλματος σε σχέση με το τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα. Οι ερευνητές καταλήγουν πως το συγκεκριμένο μοντέλο που εξετάστηκε προσομοιάζει σε αρκετά καλό βαθμό το ανυπόδητο τρέξιμο, αλλά χρειάζεται κάποιες βελτιώσεις για να το προσεγγίσει ακόμα περισσότερο. Αντίθετα, ο Bonacci με τους συνεργάτες του (2013), σε μια άλλη μελέτη που συνέκρινε το ανυπόδητο τρέξιμο με το τρέξιμο με τρεις διαφορετικούς τύπους υποδημάτων, δηλαδή με ελάχιστο υπόδημα, με αγωνιστικό υπόδημα με επίπεδη σόλα και με το συμβατικό αθλητικό υπόδημα, εντόπισε σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, το ανυπόδητο τρέξιμο διέφερε σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες συνθήκες υπόδησης (οι οποίες, όμως, δεν διέφεραν μεταξύ τους), καθώς εμφάνισε διαφορετικά βιομηχανικά χαρακτηριστικά στις αρθρώσεις του γόνατος και της ποδοκνημικής, με τους ερευνητές να πιθανολογούν πως αφού το ανυπόδητο τρέξιμο με τις προσαρμογές του μειώνει το έργο για τις εν λόγω

αρθρώσεις, μπορεί να έχει θεραπευτική δράση και θετική επίδραση, όσον αφορά στην απόδοση κατά το τρέξιμο.

2.2.2 ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Το ανυπόδητο τρέξιμο από πολλούς θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει μια πολύ καλή εναλλακτική λύση προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι τραυματισμοί που σχετίζονται με το τρέξιμο. Ωστόσο μέχρι σήμερα δεν έχει καταλήξει η επιστημονική κοινότητα σε κάποιο ασφαλές συμπέρασμα. Όπως αναφέρουν οι Tam, Wilson, Noakes και Tucker (2014), αυτό μπορεί να οφείλεται σε μια πληθώρα αιτιών, όπως το γεγονός ότι οι τραυματισμοί στο τρέξιμο δεν εξαρτώνται από έναν μόνο παράγοντα, αλλά αποτελούν πολυπαραγοντικό φαινόμενο και οι βιομηχανικές και φυσιολογικές αποκρίσεις κατά το ανυπόδητο τρέξιμο μπορούν μόνο να αιτιολογήσουν ένα μέρος αυτών. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλο εύρος διατομικών διαφορών στις βιομηχανικές και τις άλλες παραμέτρους του τρεξίματος, είτε αυτό είναι ανυπόδητο είτε γίνεται με αθλητικά υποδήματα, μεταξύ των δοκιμαζομένων των εκάστοτε μελετών, ενώ υπάρχει πάντα και η παράμετρος του διαφορετικού πειραματικού – μεθοδολογικού σχεδιασμού και των διαφορετικών στατιστικών αναλύσεων, καθώς επίσης και πιθανών σφαλμάτων στα παραπάνω, τα οποία οδηγούν σε ανακριβή συμπεράσματα.

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, από βιομηχανική σκοπιά το ανυπόδητο τρέξιμο διαφέρει σε αρκετά σημεία με το τρέξιμο με υποδήματα. Συγκεκριμένα, οι δρομείς που τρέχουν ανυπόδητοι φαίνεται να προτιμούν έναν τύπο διασκελισμού όπου προσγειώνονται με το πρόσθιο τμήμα του ποδιού, σε αντίθεση με τους δρομείς που τρέχουν με υποδήματα που επιλέγουν έναν τύπο διασκελισμού όπου προσγειώνονται με το οπίσθιο τμήμα του ποδιού. Επιπλέον, το ανυπόδητο τρέξιμο έχει ελάχιστες παροδικές επιδράσεις στα κάτω άκρα από τις εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης, ενώ και ο μέσος ρυθμός εφαρμογής των φορτίων μπορεί να είναι έως και τρεις φορές μικρότερος σε σχέση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα. Ακόμη, η σκληρότητα της ποδοκνημικής άρθρωσης, αλλά και ολόκληρου του κάτω άκρου είναι μικρότερη κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, ενώ και η ενεργειακή απόδοση κατά την διάρκεια της πρόσκρουσης του κάτω άκρου με το έδαφος είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με το τρέξιμο με υποδήματα. Γι' αυτόν τον λόγο, μια πρόσφατη ανασκόπηση της

βιβλιογραφίας (Murphy, Curry, & Matzkin, 2013) καταλήγει στο συμπέρασμα πως το ανυπόδητο τρέξιμο συνοδεύεται από χαμηλότερο ρίσκο εμφάνισης επιγονατιδομηριαίου πόνου και, πιθανότατα, με μικρότερο ρίσκο εμφάνισης κατάγματος κόπωσης στην κνήμη. Αντίθετα, σε σύγκριση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, εμφανίζει μεγαλύτερες πιθανότητες τραυματισμού της πελματιαίας απονεύρωσης, καταγμάτων κόπωσης των μεταταρσίων, τραυματισμού από αιχμηρά αντικείμενα και εγκαυμάτων στα κάτω άκρα.

Σε μια άλλη (Tam et al., 2014) αντίστοιχη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, φαίνεται πως το ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να μειώσει τους παράγοντες εμφάνισης κατάγματος κόπωσης στην κνήμη, μόνο εάν οι δυνάμεις πρόσκρουσης με το έδαφος είναι χαμηλότερες, ενώ μπορεί να αυξηθεί η πιθανότητα να τραυματιστεί κάποιος δρομέας στο συγκεκριμένο σημείο κατά την αρχική περίοδο εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο. Όσον αφορά στα κατάγματα κόπωσης στα μετατάρσια, το ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα εμφάνισής τους λόγω αυξημένης δύναμης που ασκείται στο σημείο και κατά την αρχική επαφή του ποδιού με το έδαφος και κατά την φάση προώθησης, ενώ σχετικά με τραυματισμούς στην άρθρωση του γόνατος, φαίνεται πως αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα εμφάνισής τους λόγω μειωμένων δυνάμεων που ασκούνται σε αυτήν κατά την συγκεκριμένη συνθήκη υπόδησης. Επιπλέον, σχετικά με την πελματιαία απονεύρωση, σε αντίθεση με την προηγούμενη ανασκόπηση, αναφέρεται πως μπορεί να μειωθεί το ρίσκο πιθανού τραυματισμού της με το ανυπόδητο τρέξιμο, αλλά οι ευεργετικές συνέπειες αυτού μπορεί να φανούν μόνο έπειτα από ένα διάστημα εξοικείωσης. Ένα ακόμα σημείο που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε τραυματισμούς είναι ο αχίλλειος τένοντας. Λόγω των ιδιοτεροτήτων του συγκεκριμένου τύπου υπόδησης υπάρχει αυξημένη έκκεντρη φόρτιση της ποδοκνημικής άρθρωσης, κάτι το οποίο εάν γίνεται σε χρόνια βάση και σε μεγάλες ταχύτητες μπορεί να αυξήσει το ρίσκο εμφάνισης τενοντοπάθειας του αχίλλειου τένοντα. Ωστόσο, φαίνεται πως εάν αυτή η έκκεντρη φόρτιση είναι ελεγχόμενη μπορεί να προκαλέσει ακόμη και ανακούφιση από την τενοντοπάθεια του αχίλλειου τένοντα.

Με την σειρά τους οι Jenkins και Cauthon (2011), υπογραμμίζουν ότι τα πλεονεκτήματα του ανυπόδητου τρέξιματος σχετικά με την πρόληψη των τραυματισμών είναι πολλά και σημαντικά. Αρχικά, προκαλεί μεταβολές στον τρόπο που πραγματοποιείται ο διασκελισμός, μεταξύ των οποίων μικρότερο μήκος διασκελισμού, μεγαλύτερη συχνότητα διασκελισμού, μειωμένο εύρος κίνησης του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης και άλλα, τα οποία οδηγούν σε μειωμένο χρόνο πτήσης και επαφής, μειώνοντας και τις δυνάμεις κρούσης με το έδαφος. Έπειτα, φαίνεται να οδηγεί σε καλύτερη δρομική οικονομία (θα αναλυθεί εκτενώς αυτός ο παράγοντας στην επόμενη ενότητα) και καλύτερη ιδιοδεκτική ικανότητα, μιας και το πόδι έρχεται άμεσα σε επαφή με το έδαφος, κάτι το οποίο δεν γίνεται στο τρέξιμο με υποδήματα, ενεργοποιώντας με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τους προστατευτικούς μηχανισμούς του οργανισμού απέναντι σε πιθανούς τραυματισμούς. Δεν ξεχνάμε, βέβαια, να αναφερθούν και στους κινδύνους που παραμονεύουν στο ανυπόδητο τρέξιμο, όπως οι τραυματισμοί από αιχμηρά αντικείμενα και ανώμαλες επιφάνειες, τα εγκαύματα των κάτω άκρων λόγω αυξημένης θερμοκρασίας στην επιφάνεια τρέξιματος, την έκθεση σε παθογόνους και μολυσματικούς μικροοργανισμούς, και άλλα.

Ολοκληρώνοντας, μια ενδιαφέρουσα τοποθέτηση από τους Nigg και Enders (2013), αναφέρει ότι ενδεχομένως το ερώτημα με το οποίο ασχολείται η βιβλιογραφία, δηλαδή ποιο από το ανυπόδητο τρέξιμο ή το τρέξιμο με υποδήματα είναι το καλύτερο, είναι λανθασμένο. Αυτό που θα έπρεπε να απασχολεί την επιστημονική κοινότητα και φαίνεται να είναι η πιο σημαντική σκοπιά που σχετίζεται με την απόδοση αλλά και την πρόληψη των τραυματισμών έχει να κάνει με το τι προτιμά ο ίδιος ο δρομέας σχετικά με το υπόδημά του και ποιο είναι το στυλ διασκελισμού του κατά το τρέξιμο, ανεξάρτητα από τον τύπο της υπόδησής του.

2.2.3 ΑΝΥΠΟΔΗΤΟ ΤΡΕΞΙΜΟ: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ

Το ανυπόδητο τρέξιμο και το τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα έχει γίνει όλο και πιο διαδεδομένο τα τελευταία χρόνια. Είναι γνωστό ότι η επιλογή υποδημάτων μπορεί να επηρεάσει και την βιομηχανική αλλά και το ενεργειακό κόστος του τρέξιματος. Για να διερευνήσουν αυτήν την υπόθεση οι Paulson & Braun (2014),

χρησιμοποίησαν οκτώ καλά προπονημένες γυναίκες δρομείς ηλικίας 21,1 ετών. Αυτές κλήθηκαν να εκτελέσουν τρία τεστ δρομικής οικονομίας σε διάδρομο, ένα για κάθε συνθήκη (ανυπόδητο τρέξιμο, τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα και τρέξιμο με συμβατικά αθλητικά υποδήματα), τα οποία πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές μέρες και με τυχαία σειρά για τις δοκιμαζόμενες. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε ένα ζέσταμα 5 λεπτών στα $2,24 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ ακολουθούμενο από ένα τεστ 7 λεπτών στα $3,13 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$. Οι βιομηχανικές παράμετροι αξιολογήθηκαν για 10 s κατά την διάρκεια του τρίτου λεπτού, ενώ οι φυσιολογικές παράμετροι αξιολογήθηκαν κατά το πέμπτο μέχρι το έβδομο λεπτό. Η μόνη μεταβλητή που βελτιώθηκε ήταν η δρομική οικονομία, καθώς η κατανάλωση οξυγόνου ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος συγκριτικά με το τρέξιμο με ελάχιστα και συμβατικά υποδήματα. Ωστόσο, εμφανίστηκαν μέτριες προς ισχυρές επιδράσεις που υποδήλωναν αλλαγές στις βιομηχανικές μεταβλητές μεταξύ των συνθηκών. Θα πρέπει, λοιπόν, να εξεταστεί περαιτέρω εάν και κατά πόσο αυτές οι βιομηχανικές προσαρμογές και η βελτίωση της δρομικής οικονομίας μπορεί να μεταφραστεί σε βελτιωμένη απόδοση με την εφαρμογή ανυπόδητου τρεξίματος ή τρεξίματος με ελάχιστα υποδήματα.

Σε μια αντίστοιχη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Squadrone και Gallozzi (2009), ο πρωταρχικός σκοπός ήταν να εξεταστούν χωροχρονικές μεταβλητές, η κινηματική στο οβελιαίο επίπεδο, η κατανομή της πίεσης στο πέλμα από το έδαφος και η δρομική οικονομία των δοκιμαζομένων όταν έτρεχαν με αθλητικό υπόδημα και ανυπόδητοι. Σε δεύτερο επίπεδο, οι ερευνητές ήθελαν να μελετήσουν εάν ένα πολύ ελαφρύ ελάχιστο υπόδημα μπορεί να μιμηθεί επακριβώς τη συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οκτώ υγιείς άνδρες δρομείς αντοχής ηλικίας 32 ± 5 ετών, ύψους $1.75 \pm 0,05 \text{ m}$ και σωματικής μάζας $71 \pm 6 \text{ kg}$, με πολυετή προπονητική εμπειρία. Το ερευνητικό πρωτόκολλο περιελάμβανε τρεις δοκιμασίες των 6 λεπτών σε ταχύτητα $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ σε δαπεδοεργόμετρο με διάλειμμα 4 λεπτών ανάμεσα στις δοκιμασίες και τους δοκιμαζόμενους να τρέχουν με το πρότυπο διασκελισμού που αυτοί προτιμούσαν. Οι μετρήσεις έγιναν με τους δοκιμαζόμενους να τρέχουν ανυπόδητοι, με το ελάχιστο υπόδημα και με το συμβατικό αθλητικό υπόδημα, τα οποία τους είχαν δοθεί δέκα ημέρες νωρίτερα

προκειμένου να γίνει μια μορφή εξοικείωσης με αυτά. Οι μεταβλητές που αξιολογήθηκαν ήταν η κατανομή των πιέσεων στα σημεία επαφής του εδάφους με την σόλα του υποδήματος ή το πέλμα, τα κινηματικά χαρακτηριστικά των κάτω άκρων, η πρόσληψη οξυγόνου και η καρδιακή συχνότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως κατά το ανυπόδητο τρέξιμο η συχνότητα διασκελισμού και το μήκος διασκελισμού ήταν σημαντικά υψηλότερη και χαμηλότερο, αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, ο χρόνος επαφής διέφερε σημαντικά μεταξύ συμβατικού και ελάχιστου υποδήματος, ενώ ο χρόνος πτήσης στο ανυπόδητο τρέξιμο ήταν σημαντικά μικρότερος. Όταν οι δρομείς έτρεχαν ανυπόδητοι έτρεχαν με μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη και επηρεαζόταν η άρθρωση της ποδοκνημικής, ενώ οι κινηματικές μεταβλητές στην άρθρωση του γόνατος δεν έδειξαν κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά. Ως προς τις φυσιολογικές μεταβλητές, η πρόσληψη οξυγόνου ήταν σημαντικά χαμηλότερη στο τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα σε σύγκριση με το τρέξιμο με συμβατικά αθλητικά υποδήματα, ενώ το ανυπόδητο τρέξιμο δεν διέφερε με καμία από τις άλλες δύο συνθήκες. Ολοκληρώνοντας, δεν εμφανίστηκε καμία μεταβολή στην καρδιακή συχνότητα, ανεξάρτητα από την μελετώμενη συνθήκη. Μια πιθανή εξήγηση για την έλλειψη στατιστικής σημαντικότητας όσον αφορά στην βελτίωση της δρομικής οικονομίας στο ανυπόδητο τρέξιμο σε σύγκριση με το τρέξιμο με συμβατικά αθλητικά υποδήματα (η οποία επιβεβαιώθηκε όταν συγκρίθηκε το ελάχιστο με το συμβατικό υπόδημα) είναι ότι η ταχύτητα που έγινε η αξιολόγηση ήταν πολύ χαμηλή για το επίπεδο των δοκιμαζομένων. Η συγκεκριμένη μελέτη επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι υπάρχουν κινηματικές μεταβολές και διαφορετικά πρότυπα διασκελισμού όταν εξετάζεται κάθε μία από τις τρεις παραπάνω συνθήκες, ενώ επιβεβαιώνει και το γεγονός ότι το ελάχιστο υπόδημα μπορεί να μιμηθεί το ανυπόδητο τρέξιμο προσφέροντας μια μικρή επιπλέον προστασία. Μια ακόμη μελέτη (Cochrum et al., 2015) που συνέκρινε την δρομική οικονομία και την συχνότητα διασκελισμού 9 δοκιμαζομένων στο 50% και το 70% της $\dot{V}O_{2max}$, με την χρήση ανυπόδητου τρεξίματος, τρεξίματος με ελάχιστα υποδήματα και με συμβατικά αθλητικά υποδήματα, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η δρομική οικονομία δεν επηρεάζεται από τον τύπο υπόδησης. Αντίθετα, όσον αφορά στην συχνότητα διασκελισμού, διαπιστώθηκε πως στο ανυπόδητο τρέξιμο είχαν μεγαλύτερη συχνότητα σε σύγκριση με το τρέξιμο με ελάχιστα υπόδημα και στις δύο

εντάσεις, καθώς και σε σύγκριση με το συμβατικό αθλητικό υπόδημα, αλλά μόνο στην ένταση που αντιστοιχούσε στο 70% της VO_2max . Αντίστοιχα, η συχνότητα διασκελισμού στο τρέξιμο με τα ελάχιστα υποδήματα ήταν σημαντικά υψηλότερη από αυτήν στο τρέξιμο με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα, πάλι στο 70% της VO_2max . Οι ερευνητές πιθανολογούν ότι η μη ύπαρξη στατιστικώς σημαντικών διαφορών στην δρομική οικονομία, μπορεί να οφείλεται στην προσαρμογή που γινόταν στο μήκος διασκελισμού, ανάλογα με την συνθήκη υπόδησης. Επίσης, αναγνωρίζουν ότι το κατά πόσο ένα υπόδημα είναι οικονομικότερο για το τρέξιμο μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο, ανάλογα και με τα φυσικά του χαρακτηριστικά και τις προτιμήσεις του στον τομέα αυτό.

Μια βασική παράμετρος που θα πρέπει να εξεταστεί είναι με ποιον τρόπο επιδρά το είδος του υποδήματος που χρησιμοποιεί ο δρομέας καθώς επίσης και ο τύπος του διασκελισμού του στην δρομική του οικονομία. Γι' αυτόν τον σκοπό μια ομάδα ερευνητών αποφάσισε να εξετάσει την επίδραση των ελάχιστων υποδημάτων και των συνηθισμένων αθλητικών υποδημάτων με μεγάλη σε διατομή σόλα σε δρομείς που τρέχουν με το μπροστινό και το πίσω μέρος του ποδιού τους κατά την φάση της επαφής με το έδαφος. Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκε το ενεργειακό κόστος ($\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) σε δρομείς που είχαν συνηθίσει να τρέχουν με ελάχιστα υποδήματα ή ανυπόδητοι για να τρέξουν σε ταχύτητα $3 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ στον διάδρομο με ανυπόδητο τρέξιμο ή με τρέξιμο με τα συνηθισμένα αθλητικά υποδήματα χρησιμοποιώντας τον διασκελισμό με προσγείωση στο εμπρός αλλά και στο πίσω μέρος του ποδιού. Επίσης, αξιολογήθηκε η μάζα των υποδημάτων και η συχνότητα διασκελισμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι λαμβάνοντας υπ' όψιν την μάζα των υποδημάτων και την συχνότητα διασκελισμού, οι δρομείς ήταν κατά 2,41% πιο οικονομικοί στο ανυπόδητο τρέξιμο όταν έτρεχαν με το εμπρός μέρος του ποδιού και 3,32% πιο οικονομικοί όταν έτρεχαν με το πίσω μέρος του ποδιού τους. Αντίθετα, ο διασκελισμός με το εμπρός αλλά και το πίσω μέρος του ποδιού δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά ως προς το ενεργειακό κόστος τόσο στην ανυπόδητη συνθήκη όσο και σε αυτήν με τα συνηθισμένα αθλητικά υποδήματα. Το συμπέρασμα είναι ότι οι δρομείς που τρέχουν ανυπόδητοι ή με τα ελάχιστα υποδήματα είναι μέτρια αλλά σημαντικά πιο οικονομικοί σε σχέση με τους δρομείς που τρέχουν με τα

συμβατικά αθλητικά υποδήματα, χωρίς να παίζει ρόλο ο τύπος διασκελισμού που χρησιμοποιούν, έπειτα από έλεγχο της μάζας των υποδημάτων που χρησιμοποιούν και της συχνότητας διασκελισμού τους κατά το τρέξιμο. Η πιο πιθανή αιτία γι' αυτό είναι ότι αποθηκεύεται και απελευθερώνεται περισσότερη ελαστική ενέργεια στα κάτω άκρα κατά την συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος (Perl, Daoud, & Lieberman, 2012).

Σε άλλη πρόσφατη μελέτη (Sobhani et al., 2014) αξιολογήθηκε η δρομική οικονομία σε τρία διαφορετικά είδη υποδημάτων: τα συνηθισμένα αθλητικά υποδήματα, τα επονομαζόμενα “rocker” υποδήματα (Εικόνα 2.2.3.1), τα οποία μοιάζουν με τα συνηθισμένα αθλητικά υποδήματα αλλά έχουν πιο ενισχυμένη σόλα, και τα ελάχιστα υποδήματα. Γενικά, υπάρχει η αντίληψη ότι τα υποδήματα τύπου “rocker” προφυλάσσουν από τους τραυματισμούς των κάτω άκρων, αλλά δεν είναι γνωστή η επίδρασή τους όσον αφορά στην ενεργειακή δαπάνη κατά το τρέξιμο. Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να διερευνηθεί το παραπάνω ερώτημα και να συγκριθεί ο παραπάνω τύπος υποδήματος με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα και τα ελάχιστα υποδήματα. Στην έρευνα συμμετείχαν δεκαοκτώ γυναίκες ηλικίας 23,6 ετών οι οποίες υποβλήθηκαν σε εξάλεπτη υπομέγιστη δοκιμασία σε δαπεδοεργόμετρο για κάθε μία από τις παραπάνω συνθήκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με το υπόδημα τύπου “rocker” η κατανάλωση οξυγόνου ήταν 4,5% υψηλότερη σε σχέση με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα και 5,6% υψηλότερη σε σχέση με τα ελάχιστα



Εικόνα 2.2.3.1: Υπόδημα “Rocker”

υποδήματα, ενώ ακόμα δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην καρδιακή συχνότητα και στον ρυθμό αντιλαμβανόμενης κόπωσης μεταξύ των τριών συνθηκών. Οι ίδιοι οι ερευνητές πιθανολογούν ότι μέρος της επίδρασης στην δρομική οικονομία στην συγκεκριμένη μελέτη οφείλεται και στη διαφορετική μάζα των υποδημάτων, με αυτήν των τύπου “rocker” να είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τα άλλα δύο είδη που χρησιμοποιήθηκαν.

Επειδή, όπως φάνηκε και στην προηγούμενη μελέτη, η μάζα των υποδημάτων μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό κόστος που απαιτείται για το τρέξιμο θα ήταν πολύ χρήσιμο να εξεταστεί εάν αυτό επηρεάζει και διαφοροποιεί την δρομική οικονομία μεταξύ ανυπόδητου τρεξίματος και τρεξίματος με αθλητικά υποδήματα. Σε μια σειρά μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί φαίνεται ότι για κάθε 100 gr επιπρόσθετης μάζας η VO_2 αυξάνει περίπου 1%. Είναι πιθανόν, ωστόσο, ότι παρεμβαίνουν και άλλοι παράγοντες πέρα από την μάζα του υποδήματος που επηρεάζουν την δρομική οικονομία μεταξύ των δύο συνθηκών, όπως είναι η εμπειρία στο ανυπόδητο τρέξιμο, ο τύπος του διασκελισμού, η κατασκευή του υποδήματος και άλλα. Για να εξεταστεί σε ποιο βαθμό μπορεί να επηρεάζει η μάζα των υποδημάτων την κατανάλωση οξυγόνου εξετάστηκαν δώδεκα άνδρες δρομείς με περιστασιακή εμπειρία στο ανυπόδητο τρέξιμο και κλήθηκαν να τρέξουν σε ταχύτητα $3,35 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ με συγκεκριμένο τύπο διασκελισμού (προσγείωση με το μέσο του πέλματος) και χρησιμοποιήθηκαν υποδήματα ελάχιστα και συμβατικά βάρους περίπου 150 gr το κάθε υπόδημα. Στην συνέχεια, για κάθε συνθήκη υπήρξε και ένα επιπρόσθετο βάρος 150 gr, 300 gr και 450 gr στο κάθε υπόδημα. Η VO_2 αυξήθηκε κατά περίπου 1% για κάθε 100 gr επιπλέον βάρους που προσέθεταν οι ερευνητές στα υποδήματα των δοκιμαζομένων, ανεξάρτητα από το αν έτρεχαν ανυπόδητοι ή με αθλητικά υποδήματα. Επιπρόσθετα, το ανυπόδητο και το τρέξιμο με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά ως προς την κατανάλωση οξυγόνου και την μεταβολική ισχύ. Ωστόσο, όταν επρόκειτο για υποδήματα ίδιας μάζας, το συμβατικό αθλητικό υπόδημα ήταν κατά 3-4% πιο οικονομικό από άποψη κατανάλωσης οξυγόνου και απαίτησης μεταβολικής ισχύος σε σχέση με το ανυπόδητο τρέξιμο. Συμπερασματικά, δεν προκύπτει από κάπου ότι το ανυπόδητο τρέξιμο είναι πιο οικονομικό σε σχέση με το τρέξιμο με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα (Franz, Wierzbinski, & Kram, 2012). Σε άλλη μελέτη (Divert et al., 2008) με παρόμοιο σκοπό και σχεδιασμό, δώδεκα γυμνασμένοι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν σε δαπεδοεργόμετρο με ταχύτητα $3,61 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ σε έξι διαφορετικές συνθήκες, ανυπόδητοι, με μια πολύ λεπτή κάλτσα κατάδυσης χωρίς βάρος, με πρόσθετο βάρος 150 gr και με πρόσθετο βάρος 350 gr και με αθλητικά υποδήματα που ζύγιζαν 150 gr και 350 gr. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπάρχει σημαντική σχέση εξάρτησης μεταξύ VO_2 και μάζας υποδήματος, με την παράμετρο αυτή να

αυξάνεται σημαντικά όσο αυξανόταν και η μάζα του υποδήματος, χωρίς όμως να υπάρχει και αντίστοιχη σχέση εξάρτησης της κατανάλωσης οξυγόνου με τον τύπο του υποδήματος. Αντίστοιχα, και οι Burkett, Kohrt και Buchbinder (1985), έδειξαν πως το αερόβιο κόστος του τρεξίματος αυξανόταν όσο αυξανόταν και η μάζα που προσετίθετο στο πόδι. Επίσης, το να τρέχει κάποιος με υποδήματα και ορθωτικό μηχανισμό, είναι πολύ πιο δαπανηρό ενεργειακά σε σχέση με το να τρέχει με απλά υποδήματα, και ακόμη πιο δαπανηρό εάν συγκριθεί με το ανυπόδητο τρέξιμο. Οι συγγραφείς της μελέτης αυτής καταλήγουν πως εάν θεωρήσει κανείς ότι οι ορθωτικοί μηχανισμοί βελτιώνουν την δρομική οικονομία μέσω της βελτίωσης της μηχανικής του τρεξίματος, τότε αυτά τα οφέλη θα αναιρούνται από την επιπρόσθετη ενέργεια που θα απαιτείται κατά το τρέξιμο λόγω της μάζας τους.

Επειδή δεν υπάρχει ομοφωνία σχετικά με την επίδραση του τύπου υποδήματος στην δρομική οικονομία, μια ερευνητική ομάδα θέλησε να εξετάσει εάν και κατά πόσο αυτή επηρεάζεται διαφοροποιώντας τόσο τον τύπο του υποδήματος όσο και τον τύπο του διασκελισμού. Η ιδέα στην οποία βασίστηκαν οι ερευνητές (Moore, Jones, & Dixon, 2014) ήταν ότι η μάζα του υποδήματος και ο τύπος του διασκελισμού είναι παράγοντες που προκαλούν σύγχυση σχετικά με την εξαγωγή ενός ασφαλούς συμπεράσματος για την επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος στην δρομική οικονομία. Είναι γνωστό ότι το μήκος διασκελισμού κατά το ανυπόδητο τρέξιμο είναι μικρότερο σε σχέση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, ενώ είναι υπό συζήτηση εάν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη επίδραση κάποιου από τους δύο τύπους υποδήματος στο σωματοαισθητικό σύστημα και εάν αυτό με την σειρά του επηρεάζει την δρομική οικονομία. Για τον λόγο αυτόν, δεκαπέντε γυναίκες δρομείς αναψυχής που συνήθιζαν να τρέχουν με αθλητικά υποδήματα συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη. Ο σχεδιασμός περιελάμβανε τρέξιμο σε δαπεδοεργόμετρο στα 10 km.h⁻¹ για 6 λεπτά για τις παρακάτω συνθήκες: οι δοκιμαζόμενες με αθλητικά υποδήματα, ελάχιστα υποδήματα και ανυπόδητες έτρεχαν με το μήκος διασκελισμού που είχαν στο ανυπόδητο τρέξιμο κατά την εξοικείωση και με ελάχιστα υποδήματα στο μήκος διασκελισμού που είχαν κατά το τρέξιμο με υπόδηση κατά την εξοικείωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η δρομική οικονομία όταν έτρεχαν οι δοκιμαζόμενες με τον διασκελισμό του ανυπόδητου τρεξίματος ήταν καλύτερη όταν

έτρεχαν ανυπόδητες σε σχέση με όταν έτρεχαν με αθλητικά ή ελάχιστα υποδήματα. Αντίστοιχα, όταν έτρεχαν με το μήκος διασκελισμού του τρεξίματος με αθλητικά υποδήματα είχαν καλύτερη δρομική οικονομία όταν χρησιμοποιούσαν τα ελάχιστα υποδήματα, ενώ το ενεργειακό κόστος ήταν ίδιο, όταν έτρεχαν με αθλητικά υποδήματα με την παρούσα συνθήκη σε σχέση με το τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα και διασκελισμό ανυπόδητου τρεξίματος. Το συμπέρασμα που προέκυψε από την παρούσα έρευνα ήταν ότι το ανυπόδητο τρέξιμο, που συνοδεύεται από υψηλή σωματοαισθητική ανατροφοδότηση και έλλειψη σόλας για απορρόφηση των κραδασμών, έδωσε καλύτερα αποτελέσματα δρομικής οικονομίας σε σύγκριση με το τρέξιμο με ελάχιστα υποδήματα (χαμηλότερη σωματοαισθητική ανατροφοδότηση) και το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα (που έχουν σόλα για απορρόφηση των κραδασμών), καθιστώντας την σωματοαισθητική ανατροφοδότηση σημαντικό παράγοντα καθορισμού της ενεργειακής δαπάνης κατά το τρέξιμο.

Σε άλλη μελέτη ακόμα (Warne & Warrington, 2014) εξέτασαν την επίδραση της εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο για τέσσερις εβδομάδες στην δρομική οικονομία σε σύγκριση με την χρήση των συμβατικών αθλητικών υποδημάτων σε δεκαπέντε προπονημένους άνδρες δρομείς 24 ετών. Οι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν σε ταχύτητες 11 και στα 13 km.h⁻¹ και με τις δύο συνθήκες με διαφορά 24 ωρών. Αξιολογήθηκε η κατανάλωση οξυγόνου, η καρδιακή συχνότητα, η συχνότητα διασκελισμού και ο τύπος διασκελισμού. Έπειτα ακολούθησε μια περίοδος τεσσάρων εβδομάδων εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο και επαναλήφθηκαν οι ίδιες μετρήσεις. Στις δοκιμασίες που έγιναν πριν την εξοικείωση δεν εμφανίστηκαν διαφορές στην δρομική οικονομία μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης, αλλά μετά από την περίοδο των τεσσάρων εβδομάδων παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της δρομικής οικονομίας κατά 6,9% σε σύγκριση με το τρέξιμο με τα συμβατικά αθλητικά υποδήματα. Αντίστοιχα, μεγάλη βελτίωση (8,09%) στην δρομική οικονομία παρατηρήθηκε και μεταξύ της αρχικής και της τελικής μέτρησης για την συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος μόνο. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν με σαφήνεια ότι η εξοικείωση με το ανυπόδητο τρέξιμο είναι ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την δρομική οικονομία, και μάλιστα φαίνεται να έχει πολύ ευεργετικά αποτελέσματα σημειώνοντας μεγάλες βελτιώσεις.

Μια άλλη θεωρία που αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα Tung, Franz, & Kram, (2014), ανέφερε πως αφού ο ίδιος ο μυς παράγει δύναμη για να απορροφήσει τους κραδασμούς από την πρόσκρουση με το έδαφος, εάν υπάρξει κάποια συνθήκη που προσφέρει εξωτερική απορρόφηση αυτών των κραδασμών, όπως κάποια διαφορετική επιφάνεια ή κάποιο κατάλληλο υπόδημα, ο μυς δεν θα χρειάζεται να παράγει αυτήν την δύναμη, οπότε και θα είναι πιο οικονομική από άποψη μεταβολικού κόστους η λειτουργία του. Έτσι, οι υποθέσεις τους έλεγαν ότι το ανυπόδητο τρέξιμο σε μια πιο απορροφητική επιφάνεια θα είχε μικρότερο ενεργειακό κόστος, καθώς επίσης και ότι το ανυπόδητο τρέξιμο σε σκληρή επιφάνεια θα έχει παρόμοιο ενεργειακό κόστος με το τρέξιμο με ένα ελαφρύ αθλητικό υπόδημα (μιας και υπάρχει και η αλληλεπίδραση της μάζας του υποδήματος και της ενεργειακής δαπάνης που απαιτείται). Γι' αυτόν τον λόγο δώδεκα δοκιμαζόμενοι κλήθηκαν να τρέξουν ανυπόδητοι και με ένα ελαφρύ αθλητικό υπόδημα με αντικραδασμική σόλα πάνω σε ένα κανονικό δαπεδοεργόμετρο, και στην συνέχεια ανυπόδητοι στο ίδιο δαπεδοεργόμετρο αφού είχε γίνει επίστρωσή του με μαλακό υλικό αντίστοιχο με αυτό που τοποθετείται στην σόλα των αθλητικών υποδημάτων πάχους 10 mm και 20 mm. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το ανυπόδητο τρέξιμο πάνω στον κανονικό τάπητα του δαπεδοεργόμετρου ήταν κατά περίπου 1,63% πιο ενεργειακά δαπανηρό σε σύγκριση με το ανυπόδητο τρέξιμο όταν υπήρχε μαλακή επίστρωση 10 mm. Όταν υπήρχε μαλακή επίστρωση 20 mm δεν παρατηρήθηκε περαιτέρω βελτίωση. Στην σύγκριση του ανυπόδητου τρεξίματος και του τρεξίματος με το αθλητικό υπόδημα δεν παρουσιάστηκε κάποια σημαντική διαφορά ως προς το μεταβολικό κόστος. Οι συγγραφείς πιθανολογούν πως το μαλακό υλικό με την αντικραδασμική δράση στην σόλα του υποδήματος αντιστάθμιζε την επιπλέον μάζα που έπρεπε να μεταφέρει ο δρομέας ως προς την ενεργειακή της απαίτηση, ενώ φαίνεται και ότι η μαλακή επιφάνεια και το μαλακό αντικραδασμικό υλικό στις σόλες των υποδημάτων μειώνουν την μεταβολική ισχύ που απαιτείται κατά το τρέξιμο σε υπομέγιστες εντάσεις. Επιπλέον, σε μια άλλη ακόμα μελέτη (Pinnington & Dawson, 2001) που συγκρίνει το ενεργειακό κόστος τρεξίματος με υποδήματα στο γρασίδι με ταχύτητες 8, 11 και 14 km.h⁻¹ και το τρέξιμο με υποδήματα και το ανυπόδητο τρέξιμο στην άμμο με ταχύτητες 11 και 14 km.h⁻¹ φαίνεται ότι το τρέξιμο στην άμμο, ανεξάρτητα

από τον τύπο υπόδησης το συνολικό και το αερόβιο ενεργειακό κόστος (αλλά όχι και το αναερόβιο ενεργειακό κόστος) ήταν σημαντικά μεγαλύτερο σε σύγκριση με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα στο γρασίδι. Ωστόσο, επειδή οι συμμετέχοντες σε αυτήν την μελέτη ήταν συνηθισμένοι στο ανυπόδητο τρέξιμο στην άμμο, οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι αυτή τους η συνήθεια προκαλεί και τις αντίστοιχες φυσιολογικές προσαρμογές όταν τρέχουν σε αμμώδη επιφάνεια, αλλά, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, το ανυπόδητο τρέξιμο στην άμμο επηρεάζει θετικά το ενεργειακό κόστος και στο τρέξιμο σε πιο σταθερές επιφάνειες, όπως είναι το γρασίδι, πιθανότατα λόγω λήψης προπονητικών ερεθισμάτων υψηλότερου ενεργειακού κόστους. Η επίδραση του τύπου της επιφάνειας τρεξίματος με τον τύπο της υπόδησης στις φυσιολογικές παραμέτρους σε δρομική προσπάθεια διάρκειας 6 λεπτά στο 70% της $\dot{V}O_{2max}$ μελετήθηκε από τους Hanson, Berg, Deka, Meendering, & Ryan, (2011). Στα αποτελέσματα της μελέτης φαίνεται ότι το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα είχε σημαντικά υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα και δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν στο δαπεδοεργόμετρο αλλά και στο έδαφος συγκριτικά με τις αποκρίσεις που είχαν κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, το οποίο κατά μέσο όρο και στις δύο συνθήκες εδάφους ήταν περίπου 3,8% πιο οικονομικό από το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα.

Οι Scott, Murley, & Wickham, (2012), εξέτασαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των μυών των κάτω άκρων κατά την βάρδιση με διαφορετικές συνθήκες υπόδησης σε 28 δοκιμαζόμενους χωρίς συμπτώματα τραυματισμού με ίσια ποδική καμάρα. Οι μύες που εξετάστηκαν ως προς την ηλεκτρομυογραφική τους δραστηριότητα ήταν ο οπίσθιος και ο πρόσθιος κνημιαίος, ο μακρύς περνιαίος και ο γαστροκνήμιος. Οι συνθήκες που εξετάστηκαν περιελάμβαναν τρία είδη υπόδησης: το ανυπόδητο, ένα τυπικό ελαστικό υπόδημα και ένα σταθερό υπόδημα για τρέξιμο. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην μέγιστη κορύφωση και στο χρόνο της μέγιστης κορύφωσης της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του πρόσθιου κνημιαίου, του μακρύ περνιαίου και του γαστροκνημίου κατά τη σύγκριση των τριών πειραματικών συνθηκών. Οι περισσότερες σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ της ανυπόδητης βάρδισης και της βάρδισης με υποδήματα, κατά

κύριο λόγο στον μακρύ περνιαίο, τον πρόσθιο κνημιαίο και τον γαστροκνήμιο. Μεταξύ των δύο συνθηκών με υποδήματα δεν εντοπίστηκαν πολλές σημαντικές διαφορές. Οι ερευνητές υποθέτουν πως οι όποιες διαφοροποιήσεις προέκυψαν είναι πολύ πιθανό να σχετίζονται με το άνω μέρος του υποδήματος και την στήριξη που αυτό προσφέρει, το σχήμα και την σόλα του υποδήματος, καθώς επίσης και με το βάρος του. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται στον συγκεκριμένο ερευνητικό τομέα, κυρίως εντάσσοντας και τον παράγοντα κόπωση στις μετρήσεις.

Στις φυσιολογικές αποκρίσεις του ανυπόδητου τρεξίματος συγκριτικά με το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα ως προς την κλίση του εδάφους, έχει εξετάσει ο Jones, (2010). Σε αυτήν την μελέτη οι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν σε δαπεδοεργόμετρο για 6 λεπτά σε ταχύτητα 12 km.h^{-1} με κλίση -5%, 0% και +5% με το συμβατικό αθλητικό υπόδημα και ένα ελάχιστο υπόδημα που προσομοιάζει το ανυπόδητο τρέξιμο. Οι μεταβλητές που αξιολογήθηκαν ήταν το πρότυπο του διασκελισμού, η VO_2 , ο πνευμονικός αερισμός ανά λεπτό, η ενεργειακή δαπάνη και άλλες ψυχολογικές παράμετροι. Στη συνθήκη με το ελάχιστο υπόδημα οι δοκιμαζόμενοι επέλεξαν πιο επίπεδο τύπο διασκελισμού σε σύγκριση με το συμβατικό υπόδημα. Ως προς τις φυσιολογικές παραμέτρους, η καρδιακή συχνότητα, η VO_2 , η ενεργειακή δαπάνη και ο πνευμονικός αερισμός ανά λεπτό διέφεραν σημαντικά ανάλογα με την κλίση στην οποία έτρεχαν οι δρομείς (οι μεγαλύτερες τιμές στην ανηφόρα και οι μικρότερες τιμές στην κατηφόρα), αλλά ωστόσο δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης, παρόλο που σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές που μετρήθηκαν στο τρέξιμο με ελάχιστο υπόδημα ήταν μικρότερες σε απόλυτες τιμές. Έτσι φαίνεται ότι η κλίση του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο σε βιομηχανικές και φυσιολογικές παραμέτρους, ενώ υπάρχει και η τάση για μικρότερες – καλύτερες τιμές διαφόρων φυσιολογικών μεταβλητών που επηρεάζουν την δρομική οικονομία και την απόδοση, όπως καρδιακή συχνότητα, η κατανάλωση οξυγόνου, η ενεργειακή δαπάνη και ο πνευμονικός αερισμός ανά λεπτό, κατά την προσομοίωση του ανυπόδητου τρεξίματος με την χρήση ελάχιστων υποδημάτων σε σύγκριση με την χρήση συμβατικών αθλητικών υποδημάτων. Σε μια άλλη μελέτη (Lussiana, Fabre, Hébert-Losier, & Mourot, 2013), δεκατέσσερις άνδρες δοκιμαζόμενοι έτρεξαν με την χρήση παραδοσιακών αθλητικών υποδημάτων και ελάχιστων υποδημάτων σε διαφορετικές

κλίσεις εδάφους με σκοπό να μελετηθούν τυχόν διαφορές ως προς το ενεργειακό κόστος. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε 14 δοκιμασίες τρεξίματος 5 λεπτών, σε ταχύτητα 10 km.h^{-1} , σε επτά διαφορετικές κλίσεις από -8% έως +8% με τις δύο συνθήκες υπόδησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο αυξανόταν η κλίση αυξανόταν και το ενεργειακό κόστος του τρεξίματος, ενώ το τρέξιμο με τα ελάχιστα υποδήματα ήταν κατά περίπου 1,3% πιο οικονομικό, χωρίς ωστόσο αυτή η διαφορά στην ενεργειακή δαπάνη μεταξύ ελάχιστου και παραδοσιακού αθλητικού υποδήματος να επηρεάζεται από την κλίση της επιφάνειας τρεξίματος, κάτι που οδήγησε τους συγγραφείς στο συμπέρασμα ότι οι διαφορές αυτές οφείλονταν στην διαφορά μάζας μεταξύ των δύο υποδημάτων.

Όσον αφορά την επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος στην δομική οικονομία σε χαμηλής έντασης τρέξιμο τα δημοσιευμένα στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχει βελτίωση της δομικής οικονομίας, η μελέτη ωστόσο των Reeves, Corbett, & Barwood, (2015), είναι η μοναδική που εξέτασε την επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος στην VO_2 σε υψηλές δομικές ταχύτητες. Για τον σκοπό αυτό, οκτώ άνδρες δρομείς ηλικίας 23.1 ± 4.5 ετών, ύψους $1.80 \pm 0.06 \text{ m}$, μάζας $73.8 \pm 11.5 \text{ kg}$, και $\text{VO}_{2\text{max}} 4.08 \pm 0.39 \text{ l.min}^{-1}$ συμμετείχαν σε μια μελέτη η οποία αφού φρόντισε για την εξοικείωση των δοκιμαζομένων με τις δύο συνθήκες, αυτήν του ανυπόδητου τρεξίματος και του τρεξίματος με αθλητικά υποδήματα, ακολούθησαν το εξής ερευνητικό πρωτόκολλο: μετά από προθέρμανση 5 λεπτών εκτέλεσαν τέσσερις προσπάθειες 4 λεπτών, στο 67%, 75%, 84% και 91% της $\text{VO}_{2\text{max}}$ με υποδήματα, με ενδιάμεσο διάλειμμα 1 λεπτού. Μετά την ολοκλήρωση της τέταρτης προσπάθειας, η ταχύτητα τρεξίματος αυξήθηκε κατά $0,1 \text{ km.h}^{-1}$ κάθε 15 s μέχρι εξάντλησης. Το ίδιο πρωτόκολλο επαναλαμβανόταν και με τις δύο ερευνητικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν καλύτερη δομική οικονομία 4,4% όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν ανυπόδητοι, με την βελτίωση αυτή να σχετίζεται σημαντικά με την μείωση της μάζας των υποδημάτων που αφαιρούνταν κατά το ανυπόδητο τρέξιμο. Επιπλέον, παρατηρήθηκε βελτίωση της $\text{vVO}_{2\text{max}}$ 4,5% και της μέγιστης ταχύτητας στην οποία έφτασαν οι δοκιμαζόμενοι 3,9%. Αντίθετα, η $\text{VO}_{2\text{max}}$ παρέμεινε αμετάβλητη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης φαίνεται ότι η δομική οικονομία σε υψηλές δομικές ταχύτητες καθώς και άλλοι φυσιολογικοί παράμετροι, όπως η

vVO₂max και η μέγιστη ταχύτητα που έφτασαν οι δοκιμαζόμενοι στην προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία μέχρι εξάντλησης, βελτιώνονται με το ανυπόδητο τρέξιμο, αλλά μιας και η επιπλέον μάζα των υποδημάτων είναι αυτή που φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο τις εν λόγω παραμέτρους, θα χρειαστεί περαιτέρω έρευνα με την χρήση πολύ ελαφριών αθλητικών υποδημάτων. Ομοίως και μια πρόσφατη μετά-ανάλυση που εξέτασε δεκατρείς μελέτες όσον αφορά στην δρομική οικονομία των δρομέων μεγάλων αποστάσεων ανάλογα με τον τύπο υποδήματος που χρησιμοποιούσαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το ανυπόδητο τρέξιμο είναι σημαντικά πιο οικονομικό από το τρέξιμο με αθλητικά υποδήματα, κάτι το οποίο ισχύει και όταν οι δρομείς χρησιμοποιούν ελάχιστα υποδήματα, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ ανυπόδητου και τρεξίματος με ελάχιστα υποδήματα (Cheung & Ngai, 2015).

Μια ακόμη πολύ πρόσφατη δημοσίευση (Leuchanka, Baroody, Cook, & Quinn, 2015), σχετικά με την επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος στην απόδοση, μελέτησε εάν η εξοικείωση 10 εβδομάδων με το ανυπόδητο τρέξιμο βελτιώνει την επίδοση στο δρόμο των 5.000 m. Οι αρχικές μετρήσεις έγιναν με την χρήση αθλητικού υποδήματος, ενώ οι τελικές, μετά το πέρας των δέκα εβδομάδων εξοικείωσης, πραγματοποιήθηκαν με τους δοκιμαζόμενους να τρέχουν ανυπόδητοι. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση της απόδοσης στα 5.000 m στη συνθήκη του ανυπόδητου τρεξίματος, μετά από εξοικείωση 10 εβδομάδων, παρόλο που στις καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Οι ερευνητές πιθανολογούν ότι κάτι τέτοιο οφείλεται στην αυξημένη ιδιοδεκτική απόκριση κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, η οποία με την σειρά της οδηγεί σε καλύτερη βιομηχανική του τρεξίματος και μια επακόλουθη βελτίωση στη δρομική οικονομία. Μια ακόμη μελέτη που αναφέρεται στην επίδραση του ανυπόδητου τρεξίματος στην δρομική οικονομία και την απόδοση στα 5.000 μέτρα δείχνει ότι με το τρέξιμο με ΕΥ υπάρχει σημαντική βελτίωση στην δρομική οικονομία (κυρίως λόγω της μειωμένης μάζας του υποδήματος), η οποία οδηγεί σε βελτίωση στην απόδοση στα 5.000 μέτρα. Ακόμη, φαίνεται πως οι δρομείς μεταβάλλουν το πρότυπο του διασκελισμού τους, καθώς με το ανυπόδητο τρέξιμο εμφανίζεται μικρότερο μήκος διασκελισμού και αυξημένη συχνότητα διασκελισμού

(Fuller, Thewlis, Tsiros, Brown, & Buckley, 2016). Επιπροσθέτως, σε μια μελέτη σχετικά με την απόδοση παιδιών προεφηβικής ηλικίας στα 1.000 m, φάνηκε ότι χρησιμοποιώντας αγωνιστικά αθλητικά υποδήματα με καρφιά (spikes) πέτυχαν σημαντικά καλύτερη επίδοση (4,58min) σε σύγκριση με το τρέξιμο με συμβατικά αθλητικά υποδήματα (5,21min) και με το ανυπόδητο τρέξιμο (5,18min). Μεταξύ του ανυπόδητου τρεξίματος και του τρεξίματος με συμβατικά αθλητικά υποδήματα δεν φάνηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά, ωστόσο δεν μπορεί να παραβλεφθεί ότι έστω και ελάχιστα ήταν καλύτερη η επίδοση με το ανυπόδητο τρέξιμο, παρόλο που δεν είχαν καμία προηγούμενη εμπειρία πάνω σε αυτό (Pilianidis, Mantzouranis, & Siachos, 2014).

2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την παραπάνω σύντομη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας μπορεί να γίνει σε μεγάλο βαθμό κατανοητή η δράση του ανυπόδητου τρεξίματος σε διάφορες βιομηχανικές και φυσιολογικές παραμέτρους. Όπως φάνηκε και από το κάθε κεφάλαιο ξεχωριστά, οι βιομηχανικές προσαρμογές που προκαλεί το τρέξιμο χωρίς υποδήματα είναι σαφείς, καθώς είναι ξεκάθαρο ότι ευνοεί έναν τύπο διασκελισμού όπου το κάτω άκρο έρχεται σε επαφή με το έδαφος με το εμπρός μέρος του ποδιού και μεταβάλλονται σε κάποιο βαθμό οι γωνίες και η κινηματική σημαντικών αρθρώσεων του κάτω άκρου, όπως είναι η ποδοκνημική και το γόνατο. Αντίθετα, όσον αφορά στην δρομική οικονομία, τα πράγματα δεν ήταν τόσο ξεκάθαρα, αφού υπάρχουν ορισμένες μελέτες που υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει κάποιο ενεργειακό όφελος από την χρήση του ανυπόδητου τρεξίματος σε σχέση με το τρέξιμο με συμβατικά αθλητικά υποδήματα, ενώ άλλες αναφέρουν σημαντική βελτίωση της δρομικής οικονομίας με τη χρήση ελάχιστων υποδημάτων. Σε κάθε περίπτωση, όσον αφορά τις βιομηχανικές και φυσιολογικές παραμέτρους του ανυπόδητου τρεξίματος, φάνηκε πως η εξοικείωση με αυτό μπορεί να έχει πολύ καλά αποτελέσματα σε όλες τις μεταβλητές που μπορεί να εξεταστούν, και μάλιστα ανεξάρτητα από το είδος του υποδήματος που μπορεί να επιλέξουν οι δρομείς (Warne et al., 2014; McCarthy et al., 2014; Warne & Warrington, 2014). Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπ' όψιν είναι και η σχέση του ανυπόδητου τρεξίματος με τους τραυματισμούς. Παρόλο που από παλιά η επιστημονική κοινότητα πίστευε ότι οι

άνθρωποι που τρέχουν ανυπόδητοι φαίνεται να έχουν λιγότερους τραυματισμούς σε σχέση με αυτούς που τρέχουν με υποδήματα (Robbins & Hanna, 1987), και παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν διαφορές στο ρυθμό εφαρμογής φορτίου μεταξύ του ανυπόδητου και του τρεξίματος με υποδήματα όταν συγκρίνονται τα τυπικά μοντέλα διασκελισμού που χρησιμοποιούν οι δρομείς σε σκληρές επιφάνειες (Lieberman et al., 2010), μια πρόσφατη ανασκόπηση έδειξε πως σε 14 μελέτες που αφορούσαν στο ανυπόδητο τρέξιμο και το ρίσκο εμφάνισης τραυματισμών τα αποτελέσματα δεν κατέληγαν σε σαφές συμπέρασμα, αφού υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις στα συμπεράσματα ανάλογα με το σημείο του κάτω άκρου που εξετάζονταν, αλλά ακόμη και στο ίδιο σημείο υπήρχαν διαφορές μεταξύ των μελετών (Tam et al., 2014). Σχετικά με το ανυπόδητο τρέξιμο και την επίδρασή του στην απόδοση, όπως φάνηκε από την παραπάνω ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, αλλά και όπως τονίζουν οι Fuller, Bellenger, Thewlis, Tsiros και Buckley (2015), υπήρχε πολύ μεγάλο κενό σχετικά με την επίδραση του τύπου υπόδησης στην απόδοση σε αγωνίσματα αντοχής, καθώς οι περισσότερες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί εξετάζουν την επίδραση της υπόδησης την δρομική οικονομία και άλλες φυσιολογικές παραμέτρους. Ολοκληρώνοντας, κατά την επιλογή του κατάλληλου είδους υπόδησης πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν πάντα τα ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά του καθενός, όπως είναι η ηλικία, η ανατομία του κάτω άκρου, ο τύπος διασκελισμού, πιθανόν το φύλο, αλλά και πολλοί ακόμη παράγοντες, προκειμένου να γίνει η κατάλληλη επιλογή που θα ταιριάζει στο κάθε άτομο ξεχωριστά τόσο από άποψη βιομηχανικής και κινηματικής, όσο και από άποψη φυσιολογίας και πρόληψης τραυματισμών.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

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

3.1 ΔΕΙΓΜΑ

Το δείγμα αποτέλεσαν δώδεκα δρομείς, άνδρες και γυναίκες, ηλικίας από 22 έως και 49 ετών, μέτρια προπονημένοι (δρομείς αναψυχής), οι οποίοι προπονούνταν τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα. Επίσης, έπρεπε να μπορούν να καλύψουν την απόσταση των 5.000 m σε χρόνο κάτω από 30 min, να έχουν συμμετάσχει σε τουλάχιστον πέντε αγώνες άνω των 3.000 m το τελευταίο έτος, να μην έχουν κάποιον τραυματισμό και να μην λαμβάνουν κάποια φαρμακευτική αγωγή κατά το τελευταίο έτος. Η επιλογή του δείγματος έγινε με τυχαίο τρόπο μεταξύ των φοιτητών και των φοιτητριών της Σ.Ε.Φ.Α.Α., των Αθλητικών Σωματείων και των Συλλόγων Δρομέων Υγείας του νομού Αττικής. Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτώς για το σκοπό της μελέτης, τις πειραματικές διαδικασίες και τους πιθανούς κινδύνους τραυματισμού που μπορεί να υπήρχαν, ενώ ζητήθηκε και έγγραφη συγκατάθεση αυτών. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε δοκιμασία με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση έως εξάντλησης, καθώς και σε αγώνα 5.000 m στο δαπεδοεργόμετρο. Αυτές οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν σε δύο πειραματικές συνθήκες, την συνθήκη του τρεξίματος με συμβατικά αθλητικά υποδήματα (ΑΥ, μάζας ~ 750 gr) και του ανυπόδητου τρεξίματος, με την χρήση ελάχιστων υποδημάτων (ΕΥ, μάζας ~ 300 gr).

3.2 ΟΡΓΑΝΑ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

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

Σωματικό Ανάστημα

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

Σωματική Μάζα

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

Ποσοστό % Σωματικού Λίπους

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

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των βασικών καρδιαναπνευστικών και φυσιολογικών παραμέτρων.

Καρδιοαναπνευστικές Παράμετροι

Για την μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, οι δοκιμαζόμενοι μετά από προθέρμανση 10 min και 5 min διατακτικών ασκήσεων εκτέλεσαν προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym runrace 1200, Italy), από αρχική ταχύτητα 8-10 km.h⁻¹, ανάλογα με το επίπεδο της φυσικής τους κατάστασης και με βάση τους χρόνους που είχαν επιτύχει σε πρόσφατους αγώνες που είχαν συμμετάσχει. Η βαθμονόμηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου γινόταν κάθε 5 μετρήσεις, από το μήκος του ιμάντα και το χρόνο των 30 περιστροφών του ιμάντα σε 3 διαφορετικές ταχύτητες, υπολογίζοντας έτσι την ταχύτητα του και συγκρίνοντας την με τις ενδείξεις της οθόνης. Η κλίση του δαπεδοεργόμετρου παρέμεινε μηδενική κατά την διάρκεια όλων των μετρήσεων. Η ταχύτητα του δαπεδοεργόμετρου αυξανόταν κάθε 3 λεπτά κατά 1 km.h⁻¹, για όσο το αναπνευστικό πηλίκο του δοκιμαζόμενου παρέμενε σε τιμές μικρότερες του 1, ενώ αυξανόταν κάθε 2 λεπτά

κατά 1 km.h^{-1} , μόλις το αναπνευστικό ηλίκο εμφάνιζε τιμές μεγαλύτερες του 1. Με αυτόν τον τρόπο υπήρχε η δυνατότητα να προσδιοριστεί το αναπνευστικό κατώφλι (VT) και η ταχύτητα στη μέγιστη αερόβια ικανότητα (Daniels & Daniels, 1992), καθώς και όλες οι αναπνευστικές παράμετροι (VE, VO_2 , RQ). Στη διάρκεια της δοκιμασίας, και ιδιαίτερα στα τελευταία στάδια της δοκιμασίας, υπήρχε συνεχής προφορική παρότρυνση από τον εξεταστή για μέγιστη προσπάθεια, καθώς και για το υπόλοιπο του χρόνου μέχρι την ολοκλήρωση παραμονής στο φορτίο. Στη διάρκεια της προσπάθειας ο δοκιμαζόμενος ανέπνεε μέσω μάσκας (fullface Hans Rudolf U.S.). Ο όγκος του εκπνεόμενου αέρα και ο προσδιορισμός της περιεκτικότητάς του σε O_2 και CO_2 πραγματοποιήθηκε από αυτόματο εργοσπιρόμετρο συνδεδεμένο με υπολογιστή (Quark CPET, Cosmed, Italy). Το συγκεκριμένο σύστημα είχε ελεγχθεί ως προς την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του (Nieman et al., 2013; Blond et al., 2011). Πριν από κάθε αξιολόγηση γινόταν βαθμονόμηση των αναλυτών του εργοσπιρόμετρου με αέρια γνωστής περιεκτικότητας (1. 20,93% O_2 – 0,03% CO_2 , 2. 16,21% O_2 – 5,03% CO_2). Κάθε 5 αξιολογήσεις σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή γινόταν βαθμονόμηση του πνευμονοταχογράφου με σύριγγα 3l (Hans Rudolf 5530, Kansas City, MO) σε διαφορετικές ταχύτητες ροής αέρα. Το πρόγραμμα ανάλυσης των δεδομένων του παραπάνω εργοσπιρόμετρου είχε τη δυνατότητα παρουσίασης των τιμών κάθε αναπνοής καθώς και μέσων τιμών για το χρονικό διάστημα που θα αποφάσιζε ο ερευνητής. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονταν οι μέσες τιμές για χρονικό διάστημα 20 δευτερολέπτων, προκειμένου να μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια τότε το αναπνευστικό ηλίκο των δοκιμαζόμενων ξεπερνούσε την τιμή 1. Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας γινόταν καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμασίας προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση. Ο δοκιμαζόμενος φορούσε γύρω από τον θώρακα ζώνη (Polar, Finland) η οποία είχε ενσωματωμένα ηλεκτρόδια, για να ανιχνεύουν το ηλεκτρικό φορτίο σε κάθε καρδιακή συστολή και πομπό, για να στέλνει το ανάλογο σήμα σε δέκτη, ο οποίος συνδεόταν με το λειτουργικό πρόγραμμα του εργοσπιρόμετρου. Με την ολοκλήρωση της δοκιμασίας υπολογισμού της $\text{VO}_{2\text{peak}}$ πραγματοποιούνταν αιμοληψία τριχοειδικού αίματος από τον δείκτη του αριστερού χεριού στο 4ο λεπτό μετά το πέρας της μέγιστης προσπάθειας, με ειδικό αναλυτή συγκέντρωσης γαλακτικού (Lactate Plus Analyzer, USA). Το συγκεκριμένο μηχάνημα

χρησιμοποιούσε έναν ηλεκτροχημικό βιοαισθητήρα, για να μετρήσει τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Απαιτείτο η λήψη 0,7 μl αίματος και η ανάλυση διαρκούσε 13 δευτερόλεπτα. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν από τον αναλυτή αυτόν (test strips) δεν απαιτούσαν κάποιον κωδικό για βαθμονόμηση, ούτε χρειαζόταν ειδικό αντιδραστήριο για βαθμονόμηση. Το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης είχε ελεγχθεί και είχε πολύ υψηλή αξιοπιστία και εγκυρότητα (Hart et al., 2013; Tanner et al., 2010).

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

- αναπνευστικό πηλίκο να είναι μεγαλύτερο από 1,05.
- πλατό στη VO_2peak ή αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου μικρότερη από 150 ml στις τελευταίες ταχύτητες.
- μέγιστη καρδιακή συχνότητα ± 10 παλμούς/λεπτό από την προβλεπόμενη για την ηλικία του δοκιμαζόμενου.
- συγκέντρωση γαλακτικού μεγαλύτερη από 10 mmol.lit⁻¹ στο τέλος της προσπάθειας.
- δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης στο τέλος της προσπάθειας από τον δοκιμαζόμενο να είναι μεγαλύτερος από 18 στην κλίμακα 6-20 του Borg (Edvardsen et al., 2014).

Αγωνιστική προσπάθεια 5.000 m.

Οι αγώνες των 5.000 μέτρων πραγματοποιήθηκαν σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym runrace 1200, Italy). Κάθε 5 δοκιμασίες γινόταν βαθμονόμηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου, με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Η επίδοση των δοκιμαζομένων μετρήθηκε με ηλεκτρονικό χρονόμετρο χειρός (Amila Professional Stopwatch 08). Επιπρόσθετα, καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμασίας, καταγραφόταν η τιμή της καρδιακής συχνότητάς τους, με το σύστημα τηλεμετρίας με την χρήση ζώνης με ενσωματωμένα ηλεκτρόδια για ανίχνευση του καρδιακού παλμού (Polar, Finland). Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της δοκιμασίας, αξιολογήθηκε η υποκειμενική κόπωση των δοκιμαζομένων, με την χρήση της κλίμακας 6-20 του Borg για την αντιλαμβανόμενη κόπωση (Borg, 1990). Ολοκληρώνοντας, 4 λεπτά

μετά το πέρας της δοκιμασίας λαμβάνονταν 10 μl τριχοειδικού αίματος από το δείκτη του αριστερού χεριού με ειδικό αναλυτή συγκέντρωσης γαλακτικού (Lactate Plus Analyzer, USA).

Να σημειωθεί ότι τόσο οι προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες έως την εξάντληση, για τον προσδιορισμό των καρδιαναπνευστικών - φυσιολογικών παραμέτρων, όσο και οι δοκιμασίες απόδοσης (αγώνες 5.000 μέτρων στο δαπεδοεργόμετρο), πραγματοποιήθηκαν με την χρήση των ΑΥ που χρησιμοποιούσε ο εκάστοτε δοκιμαζόμενος στην προπόνηση και τους αγώνες που είχε συμμετάσχει, καθώς και με τη χρήση ΕΥ που προσομοιάζουν το ανυπόδητο τρέξιμο (Freet Tarsa 4+1 Barefoot Running Shoes, UK – Εικόνα 3.2.1).



Εικόνα 3.2.1: Ελάχιστα υποδήματα που προσομοιάζουν το ανυπόδητο τρέξιμο (Freet Tarsa 4+1 Barefoot Running Shoes, UK).

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η διαδικασία των μετρήσεων διήρκεσε πέντε εβδομάδες. Κατά τη χρονική διάρκεια αυτή, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν δύο προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες (VO_2max test) μέχρι την εξάντληση στο δαπεδοεργόμετρο, μία τρέχοντας με ΑΥ και μία τρέχοντας με ΕΥ. Στην συνέχεια, ακολούθησε ένας αγώνας 3.000 μέτρων με την χρήση των ΕΥ, και έπειτα, οι δοκιμαζόμενοι κλήθηκαν να τρέξουν δύο αγώνες 5.000 μέτρων στο δαπεδοεργόμετρο, τρέχοντας τον έναν αγώνα με ΑΥ και τον άλλον τρέχοντας με ΕΥ.

Κατά τις πρώτες δύο επισκέψεις, και με τυχαία σειρά μεταξύ της ανυπόδητης συνθήκης και της συνθήκης με τα αθλητικά υποδήματα, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τις προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες μέχρι την εξάντληση στο δαπεδοεργόμετρο. Αρχικά, κατά την πρώτη επίσκεψη, αξιολογήθηκε το ύψος, η σωματική μάζα και το ποσοστό σωματικού λίπους που είχαν, μετρώντας τις δερματοπτυχές τεσσάρων σημείων, του δικέφαλου βραχιόνιου, του τρικέφαλου βραχιόνιου, του υπερλαγώνιου και του υποπλάτιου. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να

εκτελέσουν μία προθέρμανση δέκα λεπτών σε ταχύτητα 8 km.h^{-1} σε δαπεδοεργόμετρο, ακολουθούμενη από πέντε λεπτά στατικών και δυναμικών διατάσεων. Έπειτα, ξεκίνησαν την δοκιμασία από μια αρχική ταχύτητα 8 km.h^{-1} έως 10 km.h^{-1} , ανάλογα με το επίπεδο του εκάστοτε δοκιμαζομένου, με κλίση 0%. Η ταχύτητα αυξανόταν κατά 1 km.h^{-1} κάθε τρία λεπτά, όσο το αναπνευστικό πηλίκο ήταν κάτω από 1, ενώ όταν ξεπερνούσε αυτήν την τιμή, η ταχύτητα αυξανόταν κατά 1 km.h^{-1} κάθε δύο λεπτά. Οι τιμές των καρδιαναπνευστικών παραμέτρων λαμβάνονταν κατά το τελευταίο μισό λεπτό του κάθε σταδίου. Στους δοκιμαζόμενους δινόταν κάθε φορά η ίδια ανατροφοδότηση και παρότρυνση. Αφού ολοκληρωνόταν η δοκιμασία, οι δοκιμαζόμενοι τοποθετούνταν σε καρέκλα και με το πέρασμα τεσσάρων λεπτών μετριόταν το γαλακτικό στο αίμα τους, το οποίο λαμβανόταν από το δείκτη του αριστερού χεριού τους. Να σημειωθεί, ότι οι δοκιμαζόμενοι ξεκινούσαν από την ίδια αρχική ταχύτητα την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία μέχρι την εξάντληση και στις δύο εξεταζόμενες συνθήκες, ενώ έπρεπε να παρεμβάλλονται τουλάχιστον 4 ημέρες μεταξύ των μετρήσεων αυτών.

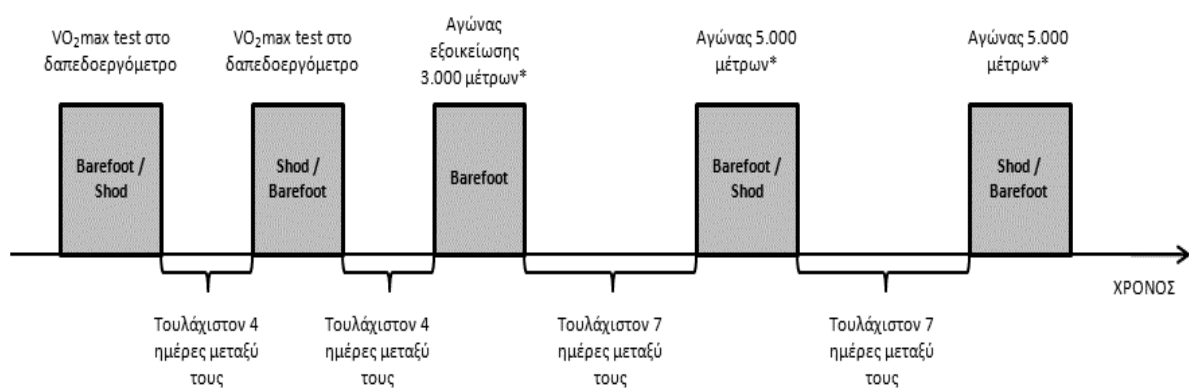
Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ένας αγώνας εξοικείωσης 3.000 μέτρων στο δαπεδοεργόμετρο, με την χρήση των ΕΥ. Ο σκοπός αυτής της δοκιμασίας ήταν διπλός: αφ' ενός να εξοικειωθούν ως έναν βαθμό οι δοκιμαζόμενοι με το ανυπόδητο τρέξιμο, αφ' ετέρου να εξοικειωθούν με τον τρόπο που πραγματοποιείται ο αγώνας στο δαπεδοεργόμετρο. Σε αυτήν την επίσκεψη στο εργαστήριο, οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν μια προθέρμανση δέκα λεπτών στο δαπεδοεργόμετρο, σε ταχύτητα 8 km/h , ακολουθούμενη από πέντε λεπτά στατικών και δυναμικών διατάσεων. Έπειτα, πραγματοποιούσαν 4 ανοίγματα διάρκειας 15 δευτερολέπτων σε ταχύτητα που ήταν κατά 1 km.h^{-1} μεγαλύτερη από τον μέσο όρο των $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ που προέκυπταν από τις παραπάνω προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες. Μεταξύ των ανοιγμάτων υπήρχε αποκατάσταση 30 δευτερολέπτων. Όταν ολοκληρώθηκαν τα ανοίγματα, υπήρχε ένα χρονικό διάστημα πέντε λεπτών για αποκατάσταση των δοκιμαζομένων. Οι δοκιμαζόμενοι ξεκίνησαν τον αγώνα των 3.000 μέτρων από μια αρχική ταχύτητα που να αντιστοιχεί στον μέσο όρο των 95% $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ που προέκυπταν από τις παραπάνω προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες (Billat, 2001). Οι δρομείς δεν

γνώριζαν τον χρόνο στον οποίο κάλυπταν την απόσταση, αλλά γνώριζαν σε τι ταχύτητα έτρεχαν (km.h^{-1}), σε τι ρυθμό αντιστοιχούσε αυτή (min.km^{-1}) και πόσα μέτρα είχαν διανύσει. Η αύξηση ή η μείωση της ταχύτητας κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής προσπάθειας, αποτελούσε αποκλειστική απόφαση του εκάστοτε δοκιμαζομένου, με βάση την ικανότητά του και την τακτική – στρατηγική που επιθυμούσε να ακολουθήσει. Ο ερευνητής και όποιος άλλος παρευρισκόταν την στιγμή εκείνη στο εργαστήριο δεν μπορούσε να συμβουλευθεί, επηρεάσει ή παρακινήσει τον δοκιμαζόμενο. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η μέτρηση έπρεπε να έχουν περάσει τουλάχιστον 4 ημέρες από το πέρας της τελευταίας μέγιστης δοκιμασίας στο δαπεδοεργόμετρο.

Όσον αφορά στις επόμενες δύο επισκέψεις τους στο εργαστήριο, πάλι με τυχαία σειρά μεταξύ της ανυπόδητης συνθήκης και της συνθήκης με τα ΑΥ, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τους δύο αγώνες των 5.000 m στο δαπεδοεργόμετρο. Πριν από τον κάθε αγώνα τους ζητήθηκε να εκτελέσουν μία προθέρμανση δέκα λεπτών σε ταχύτητα 8 km.h^{-1} σε δαπεδοεργόμετρο, ακολουθούμενη από πέντε λεπτά στατικών και δυναμικών διατάσεων. Έπειτα, πραγματοποίησαν 4 ανοίγματα των 15 δευτερολέπτων σε ταχύτητα που ήταν κατά 1 km.h^{-1} μεγαλύτερη από τον μέσο όρο των $\text{vVO}_{2\text{max}}$ που προέκυπταν από τις παραπάνω προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες. Μεταξύ των ανοιγμάτων υπήρχε αποκατάσταση 30 δευτερολέπτων, καθώς κι ένα χρονικό διάστημα πέντε λεπτών για αποκατάσταση των δοκιμαζομένων μεταξύ των ανοιγμάτων και του αγώνα 5.000 m. Οι δοκιμαζόμενοι ξεκινούσαν τον αγώνα των 5.000 m από αρχική ταχύτητα που να αντιστοιχεί στον μέσο όρο 90% $\text{vVO}_{2\text{max}}$ που προέκυπταν από τις παραπάνω προοδευτικά αυξανόμενες δοκιμασίες (Billat, 2001). Οι δρομείς δεν γνώριζαν τον χρόνο στον οποίο καλύπτουν την απόσταση, αλλά γνώριζαν σε τι ταχύτητα έτρεχαν (km.h^{-1}), σε τι ρυθμό αντιστοιχούσε αυτή (min.km^{-1}) και πόσα μέτρα είχαν διανύσει ανά πάσα στιγμή. Οι αυξήσεις και μειώσεις της ταχύτητας που πραγματοποιούνταν ανά πάσα στιγμή, αποτελούσαν αποκλειστική απόφαση του εκάστοτε δοκιμαζομένου, με βάση την ικανότητά του και την τακτική – στρατηγική που επιθυμούσε να ακολουθήσει. Η καρδιακή συχνότητα, καθώς και η αύξηση ή μείωση της ταχύτητας τρεξίματος καταγραφόταν ανά 30 δευτερόλεπτα. Επίσης καταγράφονταν τα περάσματα ανά

1.000 μέτρα και ο χρόνος που κάλυψαν το πρώτο μισό του αγώνα (2.500 m), για να αξιολογηθεί η τακτική που ακολούθησε ο κάθε δοκιμαζόμενος. Ο ερευνητής και όποιος άλλος παρευρισκόταν την στιγμή εκείνη στο εργαστήριο δεν μπορούσε να συμβουλευτεί, επηρεάσει ή παρακινήσει καθόλου τον δοκιμαζόμενο. Με την ολοκλήρωση του αγώνα, οι δοκιμαζόμενοι τοποθετούνταν σε καρέκλα και με το πέρασμα τεσσάρων λεπτών μετριόταν το γαλακτικό στο αίμα τους, το οποίο λαμβανόταν από το δάκτυλό τους. Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι αγώνες των 5.000 m, έπρεπε να παρεμβάλλεται ένα διάστημα τουλάχιστον 7 ημερών μεταξύ του αγώνα εξοικείωσης και του πρώτου αγώνα 5.000 μέτρων, καθώς και μεταξύ των δύο αγώνων 5.000 μέτρων. Το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε απεικονίζεται σχηματικά παρακάτω (Σχήμα 3.3.1).

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



* Οι αγώνες πραγματοποιήθηκαν σε δαπεδοεργόμετρο

Σχήμα 3.3.1: Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού πρωτοκόλλου.

3.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τα χαρακτηριστικά του δείγματος (ηλικία, ύψος, σωματική μάζα, ποσοστό σωματικού λίπους) χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική (μέσος όρος $\pm$ τυπική απόκλιση). Για την σύγκριση των μέσων τιμών των καρδιαναπνευστικών παραμέτρων και των αγωνιστικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το paired t-test. Για την σύγκριση των τιμών της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα και στις δύο δοκιμασίες και με τις δύο συνθήκες υπόδησης, καθώς και για την σύγκριση των περασμάτων του κάθε αγώνα ανά 1.000 m χρησιμοποιήθηκε ANOVA για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Για την αλληλεπίδραση τακτικής και συνθηκών υπόδησης πραγματοποιήθηκε 2-way ANOVA. Για τις συσχετίσεις των διαφόρων φυσιολογικών παραμέτρων και παραμέτρων απόδοσης χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Pearson. Το επίπεδο σημαντικότητας σε όλες τις αναλύσεις ήταν $p \leq 0,05$ με δίπλευρο έλεγχο και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 20.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και η ηλικία των δοκιμαζομένων.

Πίνακας 4.6. Σωματομετρικά και ηλικιακά χαρακτηριστικά του δείγματος

Δοκιμαζόμενοι (N=12)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ
Ηλικία (Ετη)	33,92±8,24
Ύψος (m)	1,74±0,09
Σωματική Μάζα (kg)	74,13±8,66
% Σωματικό Λίπος	18,29±4,19

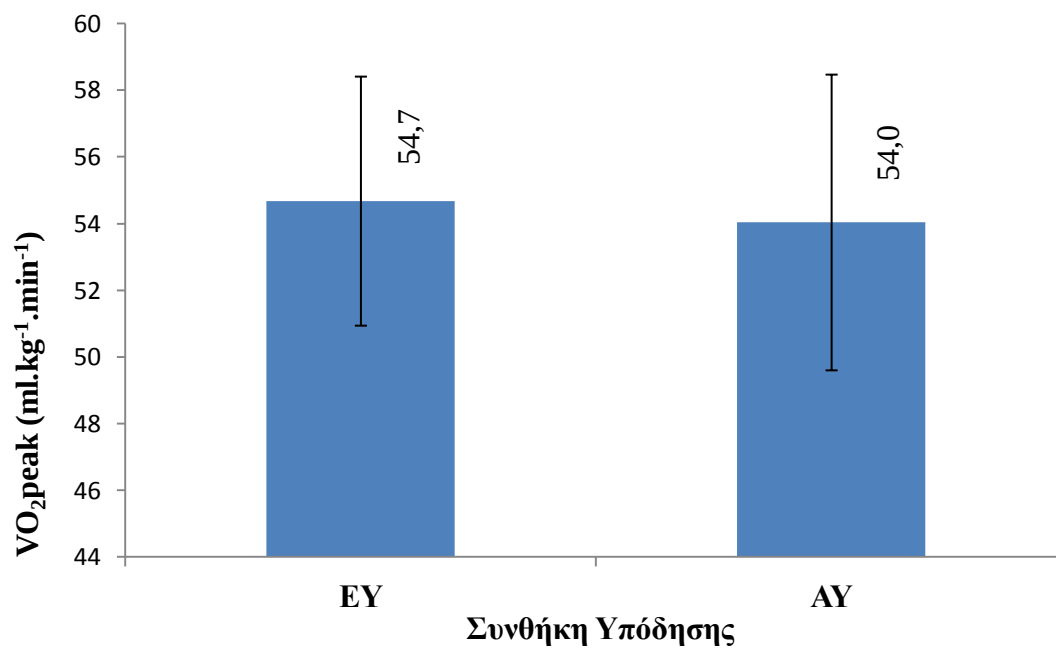
4.2 ΚΑΡΔΙΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Όσον αφορά στην προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο έως την εξάντληση, τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις καρδιαναπνευστικές παραμέτρους μεταξύ του τρεξίματος με αθλητικά υποδήματα (AY) και με ελάχιστα υποδήματα (EY). Στον Πίνακα 2 και τα Σχήματα 1-4 φαίνονται οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις για τις παραμέτρους καρδιαναπνευστικής αντοχής για τις παραπάνω συνθήκες. Στο σύνολο των δοκιμαζομένων (N=12), η υψηλότερη τιμή της πρόσληψης οξυγόνου (AY: 54,04±4,44 ml.kg⁻¹.min⁻¹ vs EY: 54,68±3,74 ml.kg⁻¹.min⁻¹), η κατανάλωση οξυγόνου στα 12 km.h⁻¹ (AY: 47,87±3,26 ml.kg⁻¹.min⁻¹ vs EY: 47,63±2,49 ml.kg⁻¹.min⁻¹), η αύξηση στην κατανάλωση οξυγόνου ανά 1 km.h⁻¹ (AY: 3,45±0,53 ml.kg⁻¹.min⁻¹ vs EY: 3,48±0,51 ml.kg⁻¹.min⁻¹), ο μέγιστος πνευμονικός αερισμός (AY: 122,99±22,61 l.min⁻¹ vs EY: 122,56±19,58 l.min⁻¹), το αναπνευστικό πηλίκο (AY: 1,11±0,05 vs EY: 1,09±0,06), η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (AY: 183,92±7,19 bpm vs EY: 183,42±8,78 bpm), η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (AY: 11,31±5,53 mmol.l⁻¹ vs EY: 9,37±1,83 mmol.l⁻¹), η ταχύτητα που αντιστοιχεί στην υψηλότερη τιμή πρόσληψης οξυγόνου (AY: 14,18±1,23 km.h⁻¹ vs EY: 14,38±1,37 km.h⁻¹) και η

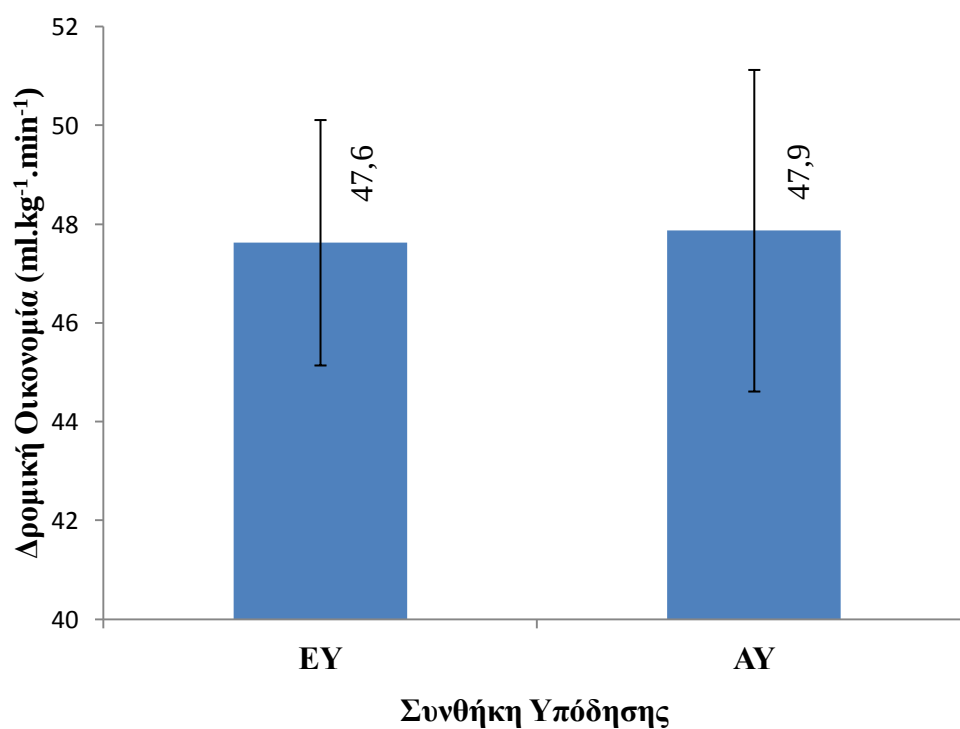
ταχύτητα που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι (ΑΥ: $10,46 \pm 1,08 \text{ km.h}^{-1}$ vs ΕΥ: $10,54 \pm 0,99 \text{ km.h}^{-1}$) δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ($p > 0,05$).

Πίνακας 4.7. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις καρδιαναπνευστικών παραμέτρων κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση.

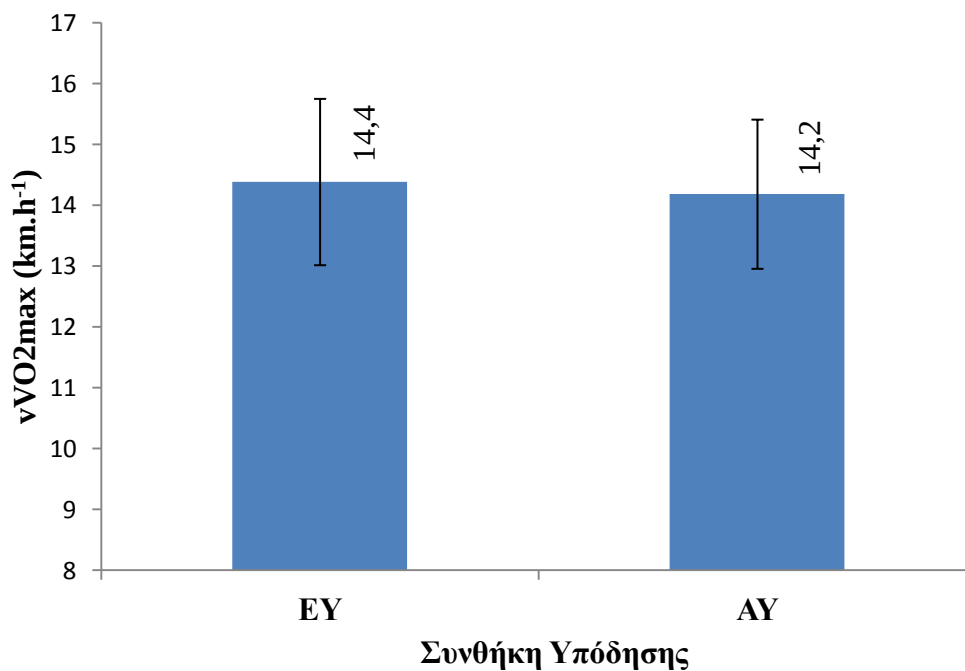
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΑ (ΑΥ)	ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΑ (ΕΥ)	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΔΙΠΛΕΥΡΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)
VO₂peak ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	$54,04 \pm 4,44$	$54,68 \pm 3,74$	0,532
Δρομική Οικονομία ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ @ 12 km.h^{-1})	$47,87 \pm 3,26$	$47,63 \pm 2,49$	0,786
Αύξηση VO₂ ανά 1 km.h⁻¹ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	$3,45 \pm 0,53$	$3,48 \pm 0,51$	0,886
Μέγιστος Πνευμονικός Αερισμός (l.min^{-1})	$122,99 \pm 22,61$	$122,56 \pm 19,58$	0,870
Αναπνευστικό Πηλίκο	$1,11 \pm 0,05$	$1,09 \pm 0,06$	0,236
Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα (bpm)	184 ± 7	183 ± 9	0,699
Συγκέντρωση Γαλακτικού στο αίμα (mmol.l^{-1})	$11,3 \pm 5,5$	$9,4 \pm 1,8$	0,282
vVO₂max (km.h^{-1})	$14,18 \pm 1,23$	$14,38 \pm 1,37$	0,273
Αναπνευστικό Κατώφλι (km.h^{-1})	$10,46 \pm 1,08$	$10,54 \pm 0,99$	0,438



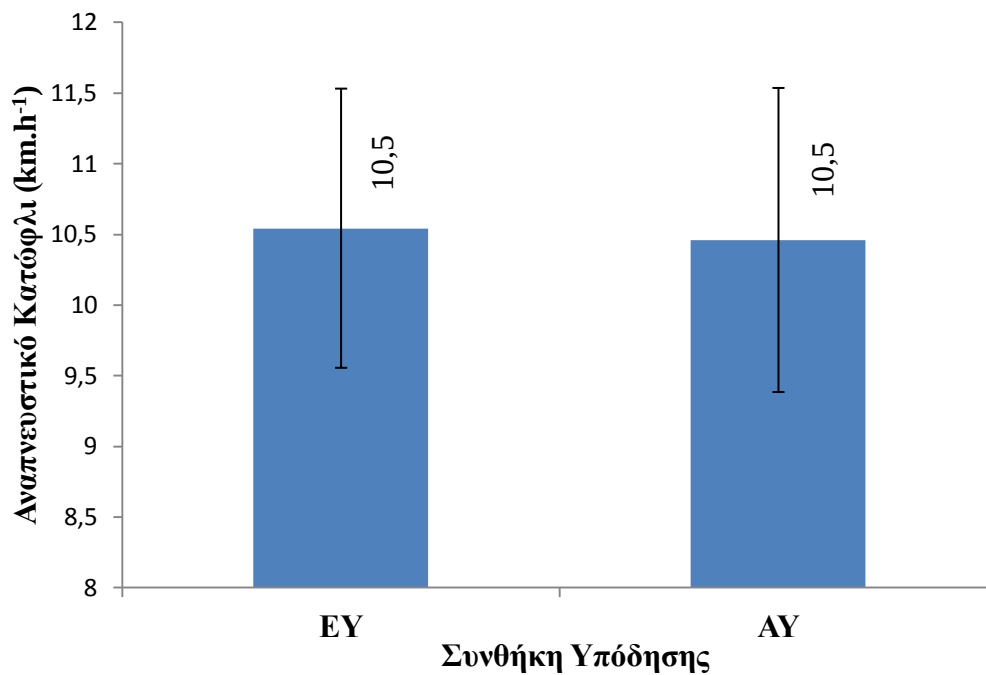
Σχήμα 4.1. Κορυφαία πρόσληψη Οξυγόνου κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με EY και AY



Σχήμα 4.2. Δρομική οικονομία στα 12 $km.h^{-1}$ κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με EY και AY



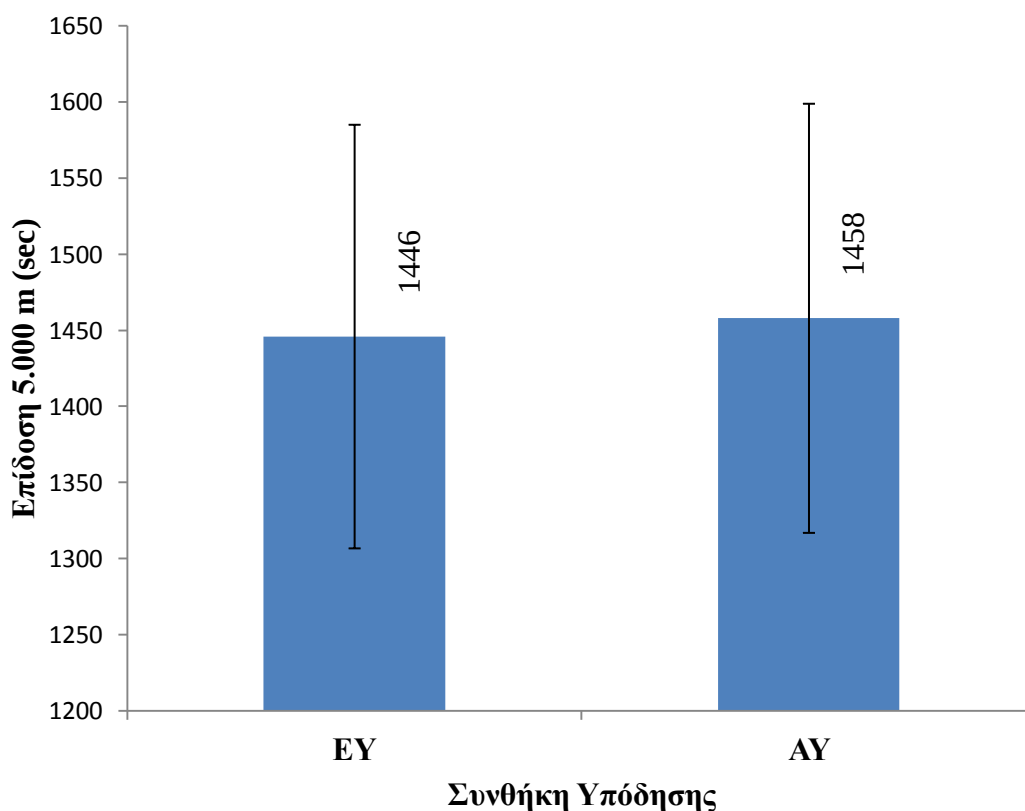
Σχήμα 4.3. Ταχύτητα που αντιστοιχεί στην κορυφαία πρόσληψη οξυγόνου κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με ΕΥ και ΑΥ



Σχήμα 4.4. Αναπνευστικό κατώφλι κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία με ΕΥ και ΑΥ

4.3 ΑΓΩΝΑΣ 5.000 ΜΕΤΡΩΝ

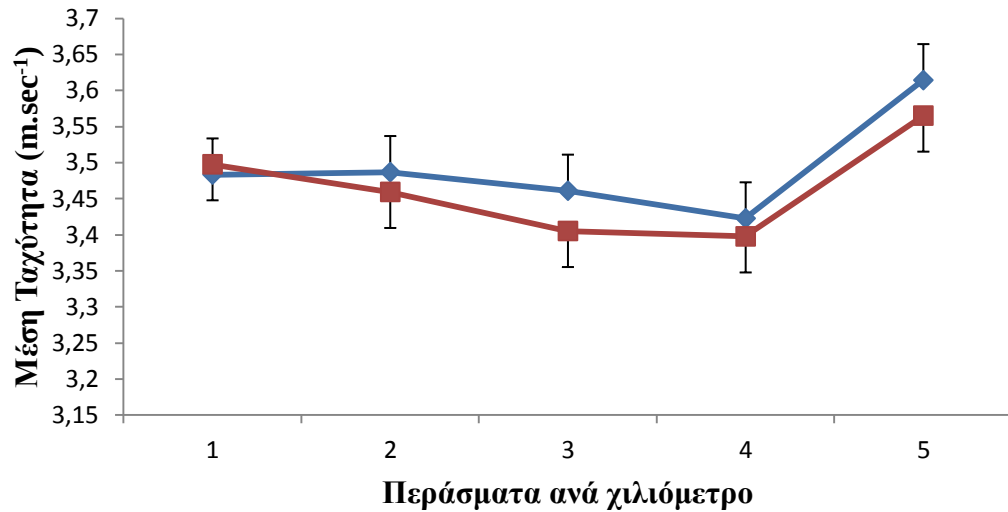
Στον Πίνακα 3 φαίνονται τα αποτελέσματα των μεταβλητών που εξετάστηκαν κατά την αγωνιστική δοκιμασία των 5.000 μέτρων. Κατά την δοκιμασία απόδοσης βρέθηκε πως ο χρόνος που οι δοκιμαζόμενοι κάλυψαν τα 5.000 μέτρα (ΑΥ: 1458 ± 141 s vs ΕΥ: 1446 ± 139 s – Σχήμα 5), η μέγιστη καρδιακή συχνότητα (ΑΥ: 182 ± 9 bpm vs ΕΥ: 182 ± 11 bpm) και ο χρόνος που αυτή επετεύχθη (ΑΥ: $22,17 \pm 2,26$ min vs ΕΥ: $22,58 \pm 2,04$ min), ο δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (ΑΥ: $17,17 \pm 1,59$ vs ΕΥ: $17 \pm 1,76$) και η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (ΑΥ: $8,4 \pm 2,9$ mmol.l⁻¹ vs ΕΥ: $8,4 \pm 4,2$ mmol.l⁻¹) δεν διέφεραν σημαντικά ($p > 0,05$).



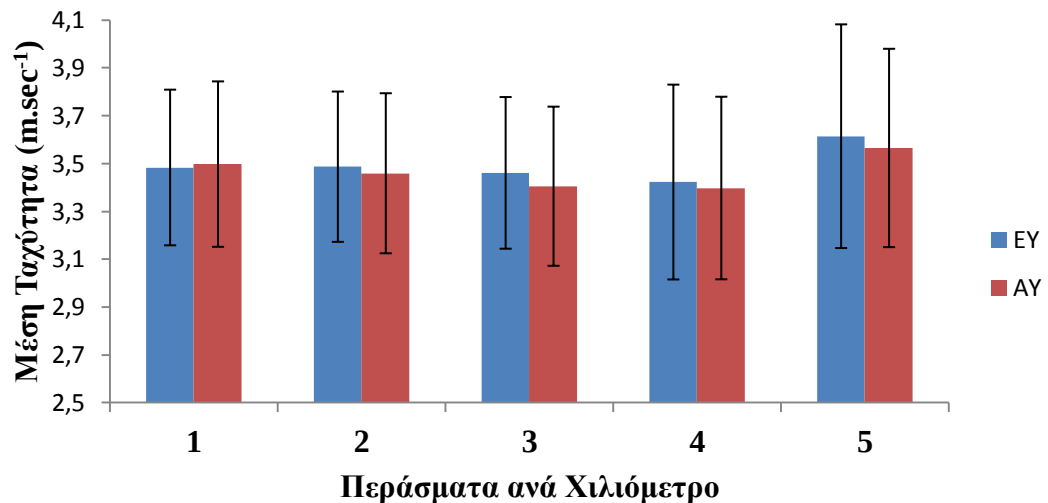
Σχήμα 4.5. Επίδοση στον Αγώνα 5.000 m με τα ΕΥ και τα ΑΥ

Σχετικά με την τακτική που ακολούθησαν οι δοκιμαζόμενοι στην αγωνιστική προσπάθεια, δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ του ποσοστού του χρόνου που χρειάστηκε για να καλυφθεί το πρώτο μισό και το δεύτερο μισό της απόστασης στην κάθε συνθήκη, ούτε και μεταξύ των δύο συνθηκών (Πίνακας 4). Ακόμα, όπως φαίνεται και στα Σχήματα 6-7, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ της μέσης ταχύτητας των

δοκιμαζομένων ανά πέρασμα 1.000 μέτρων, τόσο στην ίδια συνθήκη (AY: $p=0,781$ & EY: $p=0,770$), όσο και μεταξύ των δύο συνθηκών ($p=0,439$).



Σχήμα 4.6. Γραφική απεικόνιση περασμάτων ανά 1.000 μέτρα στον Αγώνα 5.000 m με EY και AY



Σχήμα 4.7. Περάσματα ανά 1.000 μέτρα στην αγωνιστική προσπάθεια με EY και AY

Ακόμη, εξετάζοντας τις τιμές που βρέθηκαν τόσο κατά την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση όσο και κατά τον αγώνα 5.000 m και στις δύο

συνθήκες υπόδησης, δεν βρέθηκαν διαφορές τόσο για την μέγιστη καρδιακή συχνότητα, όσο και για την συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, αντίστοιχα (Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα: $p=0,924$ & Συγκέντρωση Γαλακτικού: $p=0,235$).

Πίνακας 4.8. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις Παραμέτρων Αγωνιστικής Προσπάθειας 5.000 m

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΑ (ΑΥ)	ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΑ (ΕΥ)	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΔΙΠΛΕΥΡΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)
Απόδοση 5.000 m (s)	1458±141	1446±139	0,225
Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα (bpm)	182±9	182±11	0,408
Χρόνος εμφάνισης Μέγιστης Καρδιακής Συχνότητας (min)	22,17±2,26	22,58±2,04	0,418
Συγκέντρωση Γαλακτικού στο αίμα (mmol.l ⁻¹)	8,4±2,9	8,4±4,2	0,994
Δείκτης Αντιλαμβανόμενης Κόπωσης	17,17±1,59	17±1,76	0,674
Μέση Ταχύτητα 1 ^{ου} km (m.s ⁻¹)	3,50±0,35	3,48±0,33	0,667
Μέση Ταχύτητα 2 ^{ου} km (m.s ⁻¹)	3,46±0,33	3,49±0,31	0,397
Μέση Ταχύτητα 3 ^{ου} km (m.s ⁻¹)	3,41±0,33	3,46±0,32	0,095
Μέση Ταχύτητα 4 ^{ου} km (m.s ⁻¹)	3,40±0,38	3,42±0,41	0,651
Μέση Ταχύτητα 5 ^{ου} km (m.s ⁻¹)	3,57±0,41	3,61±0,47	0,204

Πίνακας 4.9. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις παραμέτρων τακτικής στην αγωνιστική προσπάθεια 5.000 m

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΑ (ΑΥ)	ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΑ (ΕΥ)	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΔΙΠΛΕΥΡΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)
% Συνολικού χρόνου για το 1 ^ο μισό του Αγώνα 5.000 m	49,98±1,1	50,12±1,43	0,694
% Συνολικού χρόνου για το 2 ^ο μισό του Αγώνα 5.000 m	50,02±1,1	49,88±1,43	0,694
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΔΙΠΛΕΥΡΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)	0,959	0,783	

4.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ

Στον Πίνακα 5 φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων που μετρήθηκαν στο προοδευτικά αυξανόμενο τεστ έως την εξάντληση, καθώς και επιλεγμένων παραμέτρων που μετρήθηκαν κατά την αγωνιστική δοκιμασία απόδοσης, με τον χρόνο που χρειάστηκαν οι δοκιμαζόμενοι για να καλύψουν τα 5.000 m. Οι συσχετίσεις μεταξύ των παραπάνω παραμέτρων με την επίδοση αναφέρονται στην ίδια συνθήκη.

Πίνακας 4.10. Πίνακας συσχετίσεων καρδιαναπνευστικών και παραμέτρων αγωνιστικής προσπάθειας με την απόδοση στα 5.000 m

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΠΙΔΟΣΗ 5.000 m (AY)	ΕΠΙΔΟΣΗ 5.000 m (EY)
VO₂peak	-0,504	-0,692*
Δρομική Οικονομία	0,393	0,536
Αύξηση VO₂ ανά 1km.h⁻¹	0,190	0,551
Μέγιστος Πνευμονικός Αερισμός	-0,172	-0,496
Αναπνευστικό Πηλίκο	0,077	-0,103
Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα	-0,048	-0,145
Συγκέντρωση Γαλακτικού στο αίμα	-0,538	0,258
vVO₂max	-0,888**	-0,896**
Αναπνευστικό Κατώφλι	-0,863**	-0,874**
Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα (στον αγώνα 5.000 m)	0,116	-0,175
Χρόνος Εμφάνισης Μέγιστης Καρδιακής Συχνότητας (στον αγώνα 5.000 m)	0,791**	0,873**
Συγκέντρωση Γαλακτικού στο αίμα (στον αγώνα 5.000 m)	-0,094	-0,211
Δείκτης Αντιλαμβανόμενης Κόπωσης (στον αγώνα 5.000 m)	-0,193	0,170
*p< 0,05 **p< 0,01		

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ του τρεξίματος με συμβατικά αθλητικά υποδήματα (AY) και με ελάχιστα υποδήματα (EY) ως προς τις φυσιολογικές παραμέτρους που προκύπτουν από μια προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση στο δαπεδοεργόμετρο και την απόδοση σε αγώνα 5.000 μέτρων.

5.1 ΚΑΡΔΙΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Στα αποτελέσματα φαίνεται ότι όσον αφορά στην προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης στις φυσιολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν. Η VO_{2peak} δεν διέφερε σημαντικά στις δύο συνθήκες (AY και EY), με το οποίο συμφωνεί απόλυτα και η υπάρχουσα βιβλιογραφία, καθώς τόσο ο Reeves και οι συνεργάτες του (2015), όσο και ο Leuchanka και οι συνεργάτες του (2015), αναφέρουν πως η VO_{2peak} δεν μεταβάλλεται εάν οι δρομείς επιλέξουν το ανυπόδητο τρέξιμο ή το τρέξιμο με EY συγκριτικά με το τρέξιμο με AY. Στη μελέτη του Leuchanka και των συνεργατών του (2015), χρησιμοποιήθηκε και μια περίοδος 10 εβδομάδων εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο. Έτσι, στα αποτελέσματα φαίνεται πως ούτε η εξοικείωση στη συνθήκη υπόδησης των αθλουμένων ευθύνεται για κάποια μεταβολή της VO_{2peak} .

Ο μέγιστος πνευμονικός αερισμός δεν διέφερε μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης. Οι Paulson & Braun (2014), σε ομάδα καλά προπονημένων γυναικών δρομέων αντοχής, δεν παρατήρησαν διαφορές στον πνευμονικό αερισμό κατά το ανυπόδητο τρέξιμο, το τρέξιμο με EY και το τρέξιμο με AY. Επιπλέον, ο Jones (2010), υποστηρίζει πως όταν οι δρομείς τρέχουν σε έδαφος ίδιας κλίσης, ο πνευμονικός αερισμός δεν εξαρτάται από τον τύπο υπόδησης, ενώ και ο Leuchanka και οι συνεργάτες του (2015), απέδειξαν πως 10 εβδομάδες εξοικείωσης με το ανυπόδητο τρέξιμο δεν προκαλούν κάποια διαφορά στον μέγιστο πνευμονικό αερισμό μεταξύ των δύο συνθηκών. Το αναπνευστικό πηλίκο (RQ), επίσης, δεν διέφερε μεταξύ του τρεξίματος με AY και του τρεξίματος με EY. Το συγκεκριμένο εύρημα έρχεται σε συμφωνία με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Paulson & Braun, 2014;

Sobhani et al., 2014; Franz et al., 2012). Η δρομική οικονομία (κατανάλωση O_2 στα 12 km.h^{-1}) στην παρούσα μελέτη δεν ήταν διαφορετική μεταξύ του ΑΥ και του ΕΥ. Η δρομική οικονομία έχει μελετηθεί εκτενώς στην βιβλιογραφία, ωστόσο τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν μεταξύ τους όσον αφορά στην επίδραση του τρεξίματος με ΕΥ. Ο Reeves και οι συνεργάτες του (2015), παρατήρησαν μείωση (4,4%) της VO_2 σε υψηλές ταχύτητες τρεξίματος όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν με ΕΥ σε σύγκριση με το ΑΥ, ενώ και ο Hanson με τους συνεργάτες του (2011), βρήκαν πως το τρέξιμο με ΕΥ είναι οικονομικότερο στο 70% της vVO_{2max} τόσο στο δαπεδοεργόμετρο όσο και στο έδαφος. Ο Perl και οι συνεργάτες του (2012), επίσης, συμφωνούν ότι η VO_2 είναι χαμηλότερη κατά το τρέξιμο με ΕΥ ανεξάρτητα από τον τύπο διασκελισμού που χρησιμοποιούν οι δοκιμαζόμενοι. Οι Squadrone και Gallozzi (2009), βρήκαν επίσης καλύτερη δρομική οικονομία με το ΕΥ σε υπομέγιστη ταχύτητα τρεξίματος (11 km.h^{-1}), εύρημα που συμφωνεί και με την μελέτη του Fuller και των συνεργατών του (2016). Οι ερευνητές πιθανολογούν ότι τα παραπάνω ευρήματα οφείλονται στην μικρότερη μάζα που έχει να μεταφέρει το σκέλος, καθώς έχει αποδειχθεί ότι ανά 100 gr πρόσθετου βάρους στο άκρο πόδι αυξάνεται η κατανάλωση οξυγόνου περίπου 1% (Divert et al., 2008). Υπάρχουν, ωστόσο, και έρευνες που έχουν δείξει αντίθετα αποτελέσματα. Οι Paulson και Braun (2014), βρήκαν πως το ανυπόδητο τρέξιμο μπορεί να αποδίδει καλύτερη δρομική οικονομία σε σχέση με το τρέξιμο με ΑΥ, ωστόσο το τρέξιμο με ΕΥ δεν διαφέρει από το τρέξιμο με ΑΥ όσον αφορά τη VO_2 . Ο Cochrum και οι συνεργάτες του (2015), δεν παρατήρησαν διαφορές μεταξύ του ανυπόδητου τρεξίματος, του τρεξίματος με ΕΥ και του τρεξίματος με ΑΥ όσον αφορά στην VO_2 στο 50% και στο 70% της vVO_{2max} , ενώ ο Sobhani και οι συνεργάτες του (2014), επίσης δεν αναφέρουν διαφορές στην δρομική οικονομία μεταξύ ΕΥ και ΑΥ. Επιπλέον, ο Jones (2010), υποστηρίζει πως κατά το τρέξιμο σε έδαφος ίδιας κλίσης δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ ΕΥ και ΑΥ στην δρομική οικονομία. Ωστόσο, οι Warne και Warrington (2014), υποστηρίζουν ότι έπειτα από εξοικείωση 4 εβδομάδων μπορεί να βελτιωθεί η δρομική οικονομία κατά το τρέξιμο με ΕΥ και να είναι σημαντικά καλύτερη σε σύγκριση με το τρέξιμο με ΑΥ, παρόλο που πριν από αυτήν την περίοδο εξοικείωσης δεν είχαν βρει κάποια διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών. Φαίνεται, λοιπόν, πως η εξοικείωση με το ΕΥ ενδεχομένως παίζει σημαντικό ρόλο

στη βελτίωση της δρομικής οικονομίας και εάν είχε χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη περίοδος εξοικείωσης των δοκιμαζομένων στην παρούσα μελέτη, τα αποτελέσματα σχετικά με την παράμετρο αυτή μπορεί να ήταν διαφορετικά.

Μια άλλη παράμετρος που εξετάστηκε ήταν ο μέσος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης οξυγόνου ανά $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ στη διάρκεια της προοδευτικά αυξανόμενης δοκιμασία έως την εξάντληση. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά στη μέση τιμή του ρυθμού αύξησης της κατανάλωσης οξυγόνου όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν με ΕΥ και με ΑΥ. Αυτό πιθανόν να σημαίνει πως η χαμηλότερη μάζα (450 gr) που μετέφεραν κατά το τρέξιμο με ΕΥ δεν επηρεάζει το ρυθμό αύξησης O_2 ανά $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Επίσης, αυτό το αποτέλεσμα δικαιολογεί γιατί δεν βρέθηκε και κάποια διαφορά στην δρομική οικονομία μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης. Δεν υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία για την συμπεριφορά της παραμέτρου σε αντίστοιχες πειραματικές συνθήκες.

Δεν παρατηρήθηκε επίσης μεταβολή στην ταχύτητα που αντιστοιχεί στην υψηλότερη τιμή της κατανάλωσης οξυγόνου ($\text{vVO}_{2\text{max}}$) και στην ταχύτητα που αντιστοιχεί στο αναπνευστικό κατώφλι (VT) των δοκιμαζομένων μεταξύ των 2 συνθηκών της παρούσας μελέτης. Όσον αφορά στην $\text{vVO}_{2\text{max}}$, ο Reeves και οι συνεργάτες του (2015), βρήκαν πως η $\text{vVO}_{2\text{max}}$ είχε κατά 4,5% και η V_{max} κατά 3,9% υψηλότερη τιμή όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν με ΕΥ. Οι ερευνητές απέδωσαν την διαφορά αυτή στην βελτιωμένη δρομική οικονομία στη συνθήκη με ΕΥ, κάτι με το οποίο η παρούσα μελέτη δεν συμφωνεί. Όσον αφορά στο αναπνευστικό κατώφλι, δεν βρέθηκε κάποια μελέτη που να εξετάζει εάν μπορεί να διαφοροποιηθεί όταν οι δοκιμαζόμενοι τρέχουν με ΑΥ ή με ΕΥ. Ωστόσο, μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενο το γεγονός ότι δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών, καθώς στην παρούσα μελέτη δεν μετρήθηκαν και άλλες διαφορές στις αναπνευστικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του αναπνευστικού ουδού..

Η μέση τιμή της μέγιστης καρδιακή συχνότητας (HR_{max}) και της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα (La) δεν ήταν διαφορετικές μεταξύ των ΕΥ και ΑΥ. Οι περισσότερες μελέτες αναφέρουν ότι η καρδιακή συχνότητα σε τρέξιμο με ΕΥ και ΑΥ στην ίδια ένταση δεν διαφέρει σημαντικά (Paulson & Braun, 2014; Squadrone &

Gallozzi, 2009; Sobhani et al., 2014; Jones, 2010; Leuchanka et al., 2015). Αντίθετα, ο Hanson και οι συνεργάτες του (2011), αναφέρουν τόσο στο δαπεδοεργόμετρο, όσο και στο έδαφος, καρδιακή συχνότητα σε ίδια ταχύτητα χαμηλότερη όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν με ΕΥ. Επίσης, οι Warne και Warrington (2014), έχουν παρατηρήσει πως έπειτα από περίοδο εξοικείωσης, η καρδιακή συχνότητα μειώνεται κατά το τρέξιμο σε συγκεκριμένη ταχύτητα με τα ΕΥ, παρόλο που πριν από αυτήν την περίοδο δεν μετρήθηκαν διαφορές στην καρδιακή συχνότητα μεταξύ ΕΥ και ΑΥ. Η συγκέντρωση γαλακτικού έπειτα από την προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία έως την εξάντληση δεν έχει εξεταστεί από κάποια γνωστή μελέτη για να βρεθεί εάν επηρεάζεται από την συνθήκη υπόδησης. Στην παρούσα μελέτη δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ των ΕΥ και των ΑΥ, κάτι το οποίο μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι δεν υπήρχε διαφορά στο αναπνευστικό κατώφλι μεταξύ των δύο συνθηκών και οι δοκιμαζόμενοι κατέβαλαν και στις δύο δοκιμασίες την ίδια (μέγιστη) προσπάθεια.

5.2 ΑΓΩΝΑΣ 5.000 m

Ο χρόνος που χρειάστηκαν οι δοκιμαζόμενοι για να καλύψουν την απόσταση, δεν διέφερε σημαντικά ($p>0.05$) μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης. Ωστόσο, η μέση επίδοση των δοκιμαζομένων με τα ΕΥ ήταν 12 s καλύτερη και, παρόλο που η διαφορά δεν ήταν σημαντική, το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι δρομείς που έχουν συνηθίσει να τρέχουν με ΑΥ εμφανίζουν μια τάση για καλύτερες επιδόσεις στα 5.000 m με τα ΕΥ, σε σύγκριση με τα ΑΥ. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα της μελέτης του Pilianidis και των συνεργατών του (2014), όπου σε παιδιά προεφηβικής ηλικίας βρέθηκε ότι δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ της επίδοσης στα 1.000 m όταν έτρεχαν ανυπόδητα κι όταν έτρεχαν με ΑΥ, αλλά ο χρόνος που χρειάζονταν για να καλύψουν την απόσταση αυτή ήταν, έστω και οριακά, μικρότερος όταν έτρεχαν ανυπόδητα. Αντίθετα, ο Leuchanka και οι συνεργάτες του (2015), διαπίστωσαν ότι με 10 εβδομάδες εξοικείωσης ο χρόνος στα 5.000 m ήταν σημαντικά καλύτερος όταν οι δρομείς έτρεχαν ανυπόδητοι. Από ό,τι φαίνεται, η εξοικείωση με το ανυπόδητο τρέξιμο ή το τρέξιμο με ΕΥ μπορεί να βελτιώσει την επίδοση σε αγώνα 5.000 m. Ομοίως και ο Fuller με τους συνεργάτες του (2016) παρατήρησαν ότι με το ΕΥ παρατηρείται σημαντική βελτίωση στην απόδοση στα

5.000 μέτρα, ως αποτέλεσμα βελτιωμένης δρομικής οικονομίας σε σχέση με το τρέξιμο με ΑΥ.

Όσον αφορά στην τακτική που ακολούθησαν οι δοκιμαζόμενοι, φαίνεται πως δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών υπόδησης, καθώς επίσης δεν παρατηρήθηκαν και διαφορές μέσα στην ίδια συνθήκη. Το ποσοστό του χρόνου που χρειάστηκε για να καλυφθεί το πρώτο (0 - 2.500 m) και το δεύτερο μισό (2.500 - 5.000 m) της κούρσας δεν διέφερε όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν με τα ΕΥ και τα ΑΥ, αλλά ούτε καταγράφηκε διαφορά μέσα στην ίδια συνθήκη. Το ίδιο ισχύει και για την μέση ταχύτητα των δοκιμαζομένων ανά πέρασμα 1.000 m, όπου δεν παρατηρήθηκε διαφορά τόσο μέσα στην ίδια συνθήκη, όσο και μεταξύ των συνθηκών. Αντίθετα, στην μελέτη του Leuchanka και των συνεργατών του (2015), αναφέρεται πως στο δεύτερο και το τρίτο μίλι του αγώνα, οι δρομείς που συμμετείχαν κάλυψαν τα συγκεκριμένα περάσματα σε λιγότερο χρόνο όταν έτρεχαν ανυπόδητοι. Από την βιβλιογραφία ωστόσο δεν είναι ξεκάθαρο ποια είναι η κατάλληλη τακτική για κάθε ένα από τα αγωνίσματα αντοχής.

Επίσης, δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην κλίμακα αντίληψης κόπωσης (RPE) αμέσως μετά την ολοκλήρωση του αγώνα 5.000 m τόσο με τα ΕΥ όσο και με τα ΑΥ, κάτι το οποίο σημαίνει πως οι δοκιμαζόμενοι στην παρούσα μελέτη κατέβαλαν την ίδια προσπάθεια και στους δύο αγώνες. Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα των περισσότερων μελετών που εξετάζουν την συγκεκριμένη παράμετρο με τις παραπάνω συνθήκες υπόδησης (Paulson & Braun, 2014; Sobhani et al., 2014; Jones, 2010; Reeves et al., 2015). Αντίθετα, ο Hanson και οι συνεργάτες του (2011), βρήκαν ότι σε τρέξιμο ίδιας έντασης ο RPE είναι μικρότερος όταν οι δοκιμαζόμενοι τρέχουν με ΕΥ, όπως επίσης και οι Warne και Warrington (2014), αναφέρουν ότι οι 4 εβδομάδες εξοικείωσης μπορούν να μειώσουν τον RPE στο τρέξιμο με ΕΥ ίδιας έντασης.

Όσον αφορά στην μέγιστη καρδιακή συχνότητα που μετρήθηκε κατά την αγωνιστική προσπάθεια και την συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα μετά το πέρας αυτής, δεν υπήρχε κάποια διαφορά μεταξύ των ΕΥ και των ΑΥ. Αντίστοιχο είναι και το εύρημα του Leuchanka και των συνεργατών του (2015). Ακόμη, το γεγονός πως δεν υπάρχει

διαφορά στο χρόνο που απαιτείται για να φτάσουν οι δοκιμαζόμενοι τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα στη διάρκεια της αγωνιστικής προσπάθειας, ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι ακολουθώντας παρόμοια τακτική, οι δρομείς χρησιμοποιούσαν ίδιες σχετικές εντάσεις άσκησης, οι οποίες οδηγούν σε αντίστοιχες φυσιολογικές αποκρίσεις. Το ίδιο επίσης παρατηρήθηκε και στα ευρήματα των δύο προοδευτικά αυξανόμενων δοκιμασιών έως την εξάντληση.

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που εξετάζει τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα μετά την αγωνιστική προσπάθεια. Η κοινή αγωνιστική τακτική αλλά και η αγωνιστική απόδοση και στις 2 συνθήκες πιθανόν να εξηγεί τις ίδιες μέσες τιμές της παραμέτρου.

5.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΑ 5000 m

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση της επίδοσης στα 5.000 m με την ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχεί στην κορυφαία τιμή πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_2\max$), και με το αναπνευστικό κατώφλι ($\dot{V}VT$). Επιπροσθέτως, βρέθηκε σημαντική θετική συσχέτιση της επίδοσης στα 5.000 m με τον χρόνο εμφάνισης της μέγιστης καρδιακής συχνότητας ($tHR\max$) στην διάρκεια της αγωνιστικής προσπάθειας. Οι παραπάνω συσχετίσεις αφορούν και στις δυο συνθήκες. Η αύξηση της καρδιακής συχνότητας κατά την άσκηση χωρίζεται σε δύο φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, δηλαδή τα πρώτα 4 περίπου δευτερόλεπτα, η αύξηση της καρδιακής συχνότητας οφείλεται στην μείωση της έντασης της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας, ενώ κατά την δεύτερη φάση, μετά τα πρώτα 20 δευτερόλεπτα της άσκησης, η αύξηση της καρδιακής συχνότητας οφείλεται σε μια περαιτέρω μείωση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας και την ταυτόχρονη αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας, μέσω κεντρικής εντολής και μιας σειράς εντολών από υποδοχείς (αισθητήρες) που βρίσκονται περιφερικά στους μύες. Σε δυναμική άσκηση, όπως είναι η βάρδια ή το τρέξιμο, όπου υπάρχει μεγαλύτερη και συνεχής επιβάρυνση για το καρδιαναπνευστικό σύστημα και για μεγαλύτερη διάρκεια (αρκετά λεπτά), η μεταβολή της καρδιακής συχνότητας μεταβάλλεται κατά κύριο λόγο χάρη στην αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα. Οι υπάρχουσες μελέτες δείχνουν ότι ο ρυθμός αύξησης της καρδιακής συχνότητας κατά την άσκηση

μεγαλύτερης διάρκειας μειώνεται έπειτα από συστηματική προπόνηση αντοχής, ενώ υπάρχει και μεγάλη συσχέτιση με το είδος, την ένταση και τη διάρκεια της προπονητικής παρέμβασης που χρησιμοποιείται (Hettinga et al., 2014). Μια άλλη μελέτη δείχνει ότι οι δοκιμαζόμενοι με την μεγαλύτερη VO_{2peak} επιτυγχάνουν μια ταχύτερη ρύθμιση της κατανάλωσης οξυγόνου κατά την έναρξη της άσκησης, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της VO_{2peak} (υψηλότερο προπονητικό επίπεδο αθλούμενου), τόσο γρηγορότερη και η κινητικότητα της καρδιακής συχνότητας (Bunc, Heller, & Leso, 1988). Αυτό συμβαίνει επειδή μια πιο ταχεία αύξηση της καρδιακής συχνότητας έχει ως αποτέλεσμα βελτιωμένη μεταφορά του οξυγόνου, οδηγώντας πιο γρήγορα στην επίτευξη της σταθεροποιητικής φάσης στην κατανάλωση οξυγόνου (Kay, Ashar, Bubien, & Dailey, 1995). Το εύρημα αυτό είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπου οι δοκιμαζόμενοι υψηλότερου επιπέδου, οι οποίοι κάλυψαν τα 5.000 m σε μικρότερο χρόνο, έφτασαν πιο γρήγορα την μέγιστη τιμή της καρδιακής τους συχνότητας, συγκριτικά με τους δοκιμαζόμενους με χαμηλότερη επίδοση στην ίδια απόσταση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνεται ότι η vVO_{2max} και η vVT ευθύνονται, αντίστοιχα, για το 81 και 76% της διακύμανσης της επίδοσης του δρόμου των 5000 m. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνοντας μέσω της προπόνησης την ταχύτητα τρεξίματος που αντιστοιχεί στις παραπάνω παραμέτρους θα μειωθεί (βελτιωθεί) ο χρόνος κάλυψης της απόστασης των 5000 m. Επιπλέον, βρέθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση της υψηλότερης τιμής της πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2peak}) και της επίδοσης στα 5.000 m αλλά μόνο κατά το τρέξιμο με ΕΥ. Οι υπόλοιπες φυσιολογικές παράμετροι που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη παρουσίασαν χαμηλές συσχετίσεις με την επίδοση στον αγώνα 5.000 m και με τις δύο συνθήκες υπόδησης.

Η μελέτη του Cunningham (1990), προσπάθησε να εξετάσει ποιες φυσιολογικές παράμετροι σχετίζονται με την επίδοση στα 5.000 m και βρήκε πως υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση με την vVT και με την vVO_{2max} ($p < 0,001$), κάτι το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης. Ακόμη, η κατανάλωση οξυγόνου στα 8 mph, ταχύτητα περίπου ίδια με αυτήν που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα μελέτη, δεν φαίνεται να σχετίζεται με την επίδοση στα 5.000 m,

επιβεβαιώνοντας το γεγονός ότι η δρομική οικονομία στην συγκεκριμένη υπομέγιστη ταχύτητα δεν μπορεί να εξηγήσει τη διαφοροποίηση της επίδοσης του δρόμου των 5.000 m. Σε αντίστοιχο συμπέρασμα είχαν καταλήξει και ο Powers και οι συνεργάτες του (1983), οι οποίοι αναφέρουν πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ του VT και της επίδοσης σε δρόμο 10.000 m ($p < 0,001$), σε αντίθεση με την δρομική οικονομία που δεν συσχετιζόταν με την απόδοση ($p > 0,15$).

Σε έρευνα (Ramsbottom et al, 1987), που μελέτησε τις παραμέτρους που πιθανόν επηρεάζουν την απόδοση στα 5.000 m, δημοσιεύεται υψηλή ($r = -0.85$ για τους άνδρες, $r = -0.80$ για τις γυναίκες) αρνητική συσχέτιση μεταξύ της $VO_2\text{peak}$ και της απόδοσης στα 5.000 m, τόσο στους άντρες δρομείς, όσο και στις γυναίκες δρομείς, αλλά και στο σύνολο του δείγματος. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε μερική συμφωνία με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, καθώς σημαντική σχέση μεταξύ $VO_2\text{peak}$ και απόδοσης στα 5.000 m βρέθηκε μόνο όταν οι δρομείς έτρεχαν με τα EY, κι όχι με τα AY. Αντίθετα, υπάρχει πλήρης συμφωνία στο γεγονός ότι υπήρχε μόνο μέτρια συσχέτιση της δρομικής οικονομίας με το χρόνο που χρειάστηκαν οι δοκιμαζόμενοι για να καλύψουν τα 5.000 m (Ramsbottom et al, 1987). Μια ακόμη μελέτη που εξετάζει την σχέση φυσιολογικών παραμέτρων με την απόδοση στα 5.000 m, τα 10.000 m και τα 10 μίλια, έδειξε πως ενώ δεν υπάρχει συσχέτιση της απόδοσης με την $VO_2\text{peak}$, υπάρχει πολύ υψηλή αρνητική συσχέτιση με την κατανάλωση οξυγόνου που αντιστοιχεί στο αναερόβιο κατώφλι των δοκιμαζομένων (Kumagai et al, 1982).

Ο Grant και οι συνεργάτες του (1997), συμφωνούν με την παρούσα μελέτη όσον αφορά στη σημαντική συσχέτιση μεταξύ της $vVO_2\text{max}$ και της επίδοσης στα 3.000 m. Η ίδια ερευνητική ομάδα έχει δημοσιεύσει χαμηλές συσχετίσεις της $VO_2\text{peak}$ και της δρομικής οικονομίας με την απόδοση, όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα ευρήματα της παρούσας μελέτης σε δρομείς μετρίου επιπέδου που συνηθίζουν να τρέχουν με AY φαίνεται ότι δεν υπήρχαν διαφορές κατά το τρέξιμο με EY και AY:

- στην VO_2peak ,
- τον μέγιστο πνευμονικό αερισμό,
- την vVO_2max και vVT ,
- την δρομική οικονομία,
- την HRmax ,
- την επίδοση στα 5.000 m,
- την αγωνιστική τακτική,
- την συγκέντρωση γαλακτικού,
- την απόκριση της καρδιακής συχνότητας σε αγωνιστική προσπάθεια και
- τον δείκτη αντιλαμβανόμενης κόπωσης.

Παρατηρήθηκε, ωστόσο, τάση για καλύτερες επιδόσεις όταν οι δοκιμαζόμενοι έτρεχαν με ΕΥ και πιθανώς να απαιτείται μεγαλύτερη περίοδος εξοικείωσης με το τρέξιμο με ΕΥ, προκειμένου να καταγραφούν σημαντικές βελτιώσεις τόσο στις φυσιολογικές αποκρίσεις όσο και την επίδοση του δρόμου 5.000 m.

5.5 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

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

- Η διερεύνηση των φυσιολογικών αποκρίσεων και της απόδοσης στα 5.000 m ύστερα από την εφαρμογή διαφορετικών περιόδων εξοικείωσης με το ΕΥ.
- Η διερεύνηση των φυσιολογικών αποκρίσεων και της απόδοσης αθλητών υψηλού επιπέδου στους δρόμους αντοχής με ΕΥ και ΑΥ.
- Η διερεύνηση της επίδρασης του ΕΥ στην επίδοση και σε άλλες αγωνιστικές αποστάσεις σε σύγκριση με το ΑΥ.
- Η διερεύνηση της επίδρασης του ΕΥ στην επίδοση στα αγωνίσματα αντοχής και σε άλλες εδαφικές επιφάνειες συγκριτικά με το ΑΥ.
- Η διερεύνηση της κατάλληλης τακτικής στα αγωνίσματα μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων του Κλασικού Αθλητισμού με την χρήση ΑΥ και ΕΥ.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Billat, L.V. (2001). Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Blond, E., Maitrepierre, C., Normand, S., Sothier, M., Roth, H., Goudable, J., & Laville, M. (2011). A new indirect calorimeter is accurate and reliable for measuring basal energy expenditure, thermic effect of food and substrate oxidation in obese and healthy subjects. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 6(1), e7–e15.
- Bonacci, J., Saunders, P.U., Hicks, A., Rantalainen, T., Vicenzino, B.T., & Spratford, W. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *British Journal of Sports Medicine*, 47, 387–392.
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16(1), 55-58.
- Braunstein, B., Arampatzis, A., Eysel, P., & Bruggemann, G.-P. (2010). Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running. *Journal of Biomechanics*, 43, 2120–2125.
- Bunc, V., Heller, J., & Leso, J. (1988). Kinetics of heart rate responses to exercise. *Journal of Sports Sciences*, 6(1), 39-48.
- Burkett, L.N., Kohrt, W.M., & Buchbinder, R. (1985). Effects of shoes and foot orthotics on VO_2 and selected frontal plane knee kinematics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1), 158–63.
- Cheung, R.T., & Ngai, S.P. (2015). Effects of footwear on running economy in distance runners: A meta-analytical review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Article in Press.

- Cochrum, R.G., Connors, R.T., Coons, J.M., Fuller, D.K., Morgan, D.W., & Caputo, J.L. (2015). Comparison of Running Economy Values while wearing no Shoes, Minimal Shoes, or Normal Running Shoes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Publish Ahead of Print.
- Cunningham, L.N. (1990). Relationship of Running Economy, Ventilatory Threshold, and Maximal Oxygen Consumption to Running Performance in High School Females. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61(4), 369-374.
- Daniels, J. & Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(4), 483-489.
- De Wit, B., De Clercq, D., & Aerts, P. (2000). Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *Journal of Biomechanics*, 33, 269-278.
- Divert, C., Mornieux, G., Freychat, P., Baly, L., Mayer, F., & Belli, A. (2008). Barefoot-Shod Running Differences: Shoe or Mass Effect? *International Journal of Sports Medicine*, 29, 512–518.
- Donoghue, O.A., Harrison, A.J., Laxton, P., & Jones, R.K. (2008). Lower Limb Kinematics of Subjects with Chronic Achilles Tendon Injury During Running, *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 16(1), 23-38.
- Durnin, J.V.G.A., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97.
- Edwardsen, E., Hem, E., & Anderssen, S.A. (2014). End Criteria for Reaching Maximal Oxygen Uptake Must Be Strict and Adjusted to Sex and Age: A Cross Sectional Study. *PLoS ONE*, 9(1), e85276. doi:10.1371/journal.pone.0085276

- Franz, J.R., Wierzbinski, C.M, & Kram, R. (2012). Metabolic Cost of Running Barefoot versus Shod: Is Lighter Better? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(8), 1519–1525.
- Fuller, J.T., Bellenger, C.R., Thewlis, D., Tsiros, M.D., & Buckley, J.D. (2015). The Effect of Footwear on Running Performance and Running Economy in Distance Runners. *Sports Medicine*, 45(3), 411-422.
- Fuller, J.T., Thewlis, D., Tsiros, M.D., Brown, N.A.T., & Buckley, J.D. (2016). Effects of a minimalist shoe on running economy and 5-km running performance. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1740-1745.
- Grant, S., Craig, I., Wilson, J., & Aichinson, T. (1997). The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *Journal of Sports Sciences*, 15, 403-410.
- Hanson, N.J., Berg, K., Deka, P., Meendering, J.R., & Ryan, G. (2011). Oxygen cost of running barefoot vs. running shod. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 401–406.
- Hart, S., Drevets, K., Alford, M., Salacinski, A., & Huntet, B.E. (2013). A method comparison study regarding the validity and reliability of the Lactate Plus analyzer. *BMJ Open*, 3, e001899. doi:10.1136/bmjopen-2012-001899.
- Hein, T., & Grau, S. (2014). Can minimal running shoes imitate barefoot heel-toe running patterns? A comparison of lower leg kinematics. *Journal of Sport and Health Science*, 3, 67-73.
- Hettinga, F.J., Monden, P.G., van Meeteren, N.L.U., & Daanen, H.A.M. (2014). Cardiac Acceleration at the Onset of Exercise: A Potential Parameter for Monitoring Progress During Physical Training in Sports and Rehabilitation. *Sports Medicine*, 44, 591–602.

- Hollander, K., Riebe, D., Campe, S., Braumann, M.-K., & Zech, A. (2014). Effects of footwear on treadmill running biomechanics in preadolescent children. *Gait & Posture*, 40, 381-385.
- Jenkins, D.W., & Cauthon, D.J. (2011). Barefoot Running Claims and Controversies: A Review of the Literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 101(3), 231-246.
- Jones, R. (2010). *The effect of barefoot shoe technology on the performance of male runners at different gradients* (Bachelor's thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa).
- Kay, G.N., Ashar, M.S., Bubien, R.S., & Dailey, S.M. (1995). Relationship Between Heart Rate and Oxygen Kinetics During Constant Workload Exercise. *Pacing and Clinical Electrophysiology*, 18(10), 1853–1860.
- Knoepfli-Lenzin, C., Waech, J.C., Gulay, T., Schellenberg, F., & Lorenzetti, S. (2014). The influence of a new sole geometry while running. *Journal of Sports Sciences*, 32(18), 1671–1679.
- Kumagai, S., Tanaka, K., Matsuura, Y., Matsuzaka, A., Hirakoba, K., & Asano, K. (1982). Relationships of the Anaerobic Threshold with the 5 km, 10 km, and 10 Mile Races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 49, 13-23.
- Leuchanka, A.N., Baroody, N.J., Cook, S.B., & Quinn, T.J. (2015, May). Effect of 10-week barefoot running intervention on race performance in habitually shod runners. *Poster presented at the ACSM's 62nd Annual Meeting, San Diego, California.*
- Lieberman, D.E., Venkadesan, M., Werbel, W.A., Daoud, A.I., D'Andrea, S., Davis, I.S., Mang'Eni, R.O., & Pitsiladis, Y. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463(28), 531–535.

- Lohman III, E.B., Sackiriyas, K.S.B., & Swen, R.W. (2011). A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics, and biomechanics between shod, unshod, and minimally supported running as compared to walking. *Physical Therapy in Sport*, 12, 151-163.
- Lussiana, T., Fabre, N., Hébert-Losier, K., & Mouroto, L. (2013). Effect of slope and footwear on running economy and kinematics. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), e246-e253.
- McCarthy, C., Fleming, N., Donne, B., & Blanksby, B. (2014). 12 Weeks of Simulated Barefoot Running Changes Foot-Strike Patterns in Female Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 35(5), 443-450.
- McCarthy, C., Fleming, N., Donne, B., & Blanksby, B. (2015). Barefoot Running and Hip Kinematics: Good News for the Knee? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(5), 1009–1016.
- Moore, I.S., Jones, A., & Dixon, S. (2014). The pursuit of improved running performance: Can changes in cushioning and somatosensory feedback influence running economy and injury risk? *Footwear Science*, 6(1), 1-11.
- Morley, J.B., Decker, L.M., Dierks, T., Blanke, D., French, J.A., & Stergiou, N. (2010). Effects of Varying Amounts of Pronation on the Mediolateral Ground Reaction Forces During Barefoot Versus Shod Running. *Journal of Applied Biomechanics*, 2, 205-214.
- Mullen, S., & Toby, E.B. (2013). Adolescent Runners: The Effect of Training Shoes on Running Kinematics. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 33(4), 453–457.
- Murphy, K., Curry, E.J., & Matzkin, E.G. (2013). Barefoot Running: Does It Prevent Injuries? *Sports Medicine*, 43, 1131–1138.
- Nieman, D.C., Austin, M.D., Dew, D., & Utter, A.C. (2013). Validity of COSMED's Quark CPET Mixing Chamber System in Evaluating Energy Metabolism

- During Aerobic Exercise in Healthy Male Adults. *Research in Sports Medicine*, 21(2), 136-45.
- Nigg, B. & Enders, H. (2013). Barefoot running – some critical considerations. *Footwear Science*, 5(1), 1–7.
- Nunns, M., House, C., Fallowfield, J., Allsopp, A., & Dixon, S. (2013). Biomechanical characteristics of barefoot footstrike modalities. *Journal of Biomechanics*, 46, 2603-2610.
- Paulson, S. , & Braun, W.A. (2014). Mechanical and Physiological Examination of Barefoot and Shod Conditions in Female Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 35(9), 789-793.
- Perl, D.P., Daoud, A.I., & Lieberman, D.E. (2012). Effects of Footwear and Strike Type on Running Economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(7), 1335-1343.
- Pilianidis, T., Mantzouranis, N., & Siachos, N. (2014). Evaluation of Barefoot Running in Preadolescent Athletes. *Human Movement*, 15(4), 238-242.
- Pinnington, H.C., & Dawson, B. (2001). Running economy of elite surf iron men and male runners, on soft dry beach sand and grass. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 62-70.
- Powers, S.K., Dodd, S., Deason, R., Byrd,R., & McKnight,T. (1983). Ventilatory Threshold, Running Economy and Distance Running Performance of Trained Athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 179-182.
- Ramsbottom, R., Nute, M.G.L., & Williams, C. (1987). Determinants of five kilometre running performance in active men and women. *British Journal of Sports Medicine*, 21(2), 9-13.

- Reeves, K.A.G., Corbett, J., & Barwood, M.J. (2015). Barefoot running improves economy at high intensities and peak treadmill velocity. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(10), 1107-1113.
- Robbins, S., & Hanna, A.M. (1987). Running-related injury prevention through barefoot adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19(2), 148–156.
- Scott, L.A., Murley, G.S., & Wickham, J.B. (2012). The influence of footwear on the electromyographic activity of selected lower limb muscles during walking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22, 1010–1016.
- Sinclair, J. (2014). Effects of barefoot and barefoot inspired footwear on knee and ankle loading during running. *Clinical Biomechanics*, 29, 395-399.
- Smith, G., Lake, M., & Lees, A. (2014). Metatarsophalangeal joint function during sprinting: A comparison of barefoot and sprint spike shod foot conditions. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(2), 206-212.
- Sobhani, S., Bredeweg, S., Dekker, R., Kluitenberg, B., van den Heuvel, E., Hijmans, J., & Postema, K. (2014). Rocker shoe, minimalist shoe, and standard running shoe: A comparison of running economy. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17, 312–316.
- Squadrone, R., & Gallozzi, C. (2009). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 6-13.
- Tam, N., Wilson, J.L.A., Noakes, T.D., & Tucker, R. (2014). Barefoot running: an evaluation of current hypothesis, future research and clinical applications. *British Journal of Sports Medicine*, 48, 349-355.

- Tanner, R.K., Fuller, K.L., & Ross, M.L.R. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*, 109, 551–559.
- Thompson, M.A., Gutmann, A., Seegmiller, J., & McGowan, C.P. (2014). The effect of stride length on the dynamics of barefoot and shod running. *Journal of Biomechanics*, 47, 2745-2750.
- Tung, K. D., Franz, J. R., & Kram, R. (2014). A Test of the Metabolic Cost of Cushioning Hypothesis during Unshod and Shod Running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(2), 324–329.
- Warne, J.P., & Warrington, G.D. (2014). Four-week habituation to simulated barefoot running improves running economy when compared with shod running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), 563-568.
- Warne, J.P., Kilduff, S.M., Gregan, B.C., Nevill, A.M., Moran, K.A., & Warrington, G.D. (2014). A 4-week instructed minimalist running transition and gait-retraining changes plantar pressure and force. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 964-973.
- Williams III, D.S.B., Green, D.H., & Wurzinger, B. (2012). Changes in lower extremity movement and power absorption during forefoot striking and barefoot running. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(5), 525-532.
- Willwacher, S., Regniet, L., Fischer, K.M., Oberlander, K.D., & Bruggemann, G.-P. (2014). The effect of shoes, surface conditions and sex on leg geometry at touchdown in habitually shod runners. *Footwear Science*, 6(3), 129-138.
- Zhang, X., Paquette, M.R., & Zhang, S. (2013). A comparison of gait biomechanics of flip-flops, sandals, barefoot and shoes. *Journal of Foot and Ankle*

Research, 6(45). Retrieved from
<http://www.jfootankleres.com/content/pdf/1757-1146-6-45.pdf>.

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΚΟΠΙΩΣΗΣ ΤΟΥ BORG	
6	
7	Πολύ, πολύ ελαφρύ
8	
9	Πολύ ελαφρύ
10	
11	Κάπως ελαφρύ
12	
13	Κάπως δύσκολο (βαρύ)
14	
15	Βαρύ
16	
17	Πολύ βαρύ
18	
19	Πολύ, πολύ βαρύ
20	Μέγιστη εξάντληση

(Borg, 1990)



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

"Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός"

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

Ημερομηνία/...../.....

Όνοματεπώνυμο.....

Ημερομηνία γέννησης.....

Ηλικία.....

1. Επεξήγηση της δοκιμασίας

Θα εκτελέσεις τέσσερις δοκιμασίες άσκησης πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (κυλιόμενο διάδρομο). Οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν στο Εργαστήριο Κλασικού Αθλητισμού στη Σ.Ε.Φ.Α.Α. του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η ένταση της άσκησης στην πρώτη και την δεύτερη δοκιμασία θα αρχίσει από τέτοιο επίπεδο ώστε να δύναται εύκολα να ολοκληρωθεί και θα αυξάνει σταδιακά ανάλογα με το επίπεδο της φυσικής σου κατάστασης. Με τυχαία σειρά, θα χρησιμοποιήσεις στην μία από αυτές το συμβατικό σου αθλητικό υπόδημα και στην άλλη ένα ελάχιστο υπόδημα, που προσομοιώνει το ανυπόδητο τρέξιμο. Μεταξύ των δύο αυτών μετρήσεων θα πρέπει να παρεμβάλλονται τουλάχιστον 4 ημέρες, προκειμένου να εξαλειφτεί ο παράγοντας κόπωση. Στη τρίτη και τέταρτη δοκιμασία θα υποβληθείς σε μέγιστη αγωνιστική προσπάθεια κάλυψης απόστασης 5.000 m στο συντομότερο δυνατό χρόνο. Στη διάρκεια της αγωνιστικής προσπάθειας η ταχύτητα (ένταση) του δαπεδοεργόμετρου θα ρυθμίζεται από σένα ενώ θα είναι εμφανής η απόσταση που καλύπτεις όχι, όμως, ο χρόνος (διάρκεια) της προσπάθειας. Και πάλι με τυχαία σειρά, στην μία δοκιμασία θα χρησιμοποιήσεις το συμβατικό σου αθλητικό υπόδημα και στην άλλη το ελάχιστο υπόδημα. Μεταξύ των δύο μέγιστων δοκιμασιών αγωνιστικής προσπάθειας θα πρέπει να παρεμβάλλονται τουλάχιστον 7 ημέρες. Μεταξύ της δεύτερης και της τρίτης μέτρησης θα πρέπει να γίνει μια επιπλέον αγωνιστική προσπάθεια 3.000 m, προκειμένου να επιτευχθεί η εξοικείωση

με τον τρόπο πραγματοποίησης μιας τέτοιας προσπάθειας στο δαπεδοεργόμετρο, καθώς και η εξοικείωση με το ελάχιστο υπόδημα. Μεταξύ της εξοικείωσης, της προηγούμενης, αλλά και της επόμενης μέτρησης θα πρέπει να παρεμβάλλονται τουλάχιστον 7 ημέρες, για να μην υπάρχει υπέρμετρη κόπωση για εσένα. **Έχεις τη δυνατότητα να σταματήσεις** τη δοκιμασία οποιαδήποτε χρονική στιγμή εξαιτίας αντικειμενικών συμπτωμάτων κόπωσης ή μπορείς να σταματήσεις οποτεδήποτε θελήσεις εξαιτίας υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης ή δυσφορίας. Όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι εμπιστευτικά για χρήση δική σας και της ερευνητικής ομάδας. Σε περίπτωση δημοσιοποίησης των δεδομένων, αυτή θα είναι ανώνυμη.

2. Ευθύνες του εξεταζόμενου

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

3. Τα οφέλη της αξιολόγησης

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την πρώτη και τη δεύτερη δοκιμασία θα βοηθήσουν **στην εκτίμηση του επιπέδου των παραμέτρων απόδοσης και της κατάστασης της υγείας σου**. Θα δοθούν επίσης οδηγίες για το είδος της άσκησης που θα ακολουθήσεις για περαιτέρω βελτίωση. Επιπρόσθετα, από την τέταρτη και πέμπτη μέτρηση μπορεί να προκύψει ως συμπέρασμα ποιος τύπος υποδήματος μπορεί να σε βοηθήσει ώστε να έχεις την μέγιστη δυνατή απόδοση σε δρόμους αντοχής.

4. Συμβάντα κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Κατά τη διάρκεια της μέγιστης προσπάθειας και στις επισκέψεις στο εργαστήριο υπάρχει πιθανότητα να συμβούν:

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

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

ΚΑΘΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΕΙΝΑΙ ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΗ

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

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

Εάν πρώην καπνιστής, πόσο διάστημα έχεις σταματήσει;έτη

Περιστασιακός καπνιστής Ναι/Όχι μετσιγάρα/ημέρα

Συστηματικός καπνιστής Ναι/Όχι μετσιγάρα/ημέρα.

5. Κατανάλωση αλκοόλ:

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

Πίνεις ένα ποτό κάθε μέρα; Ναι/Όχι

Πίνεις περισσότερα από ένα ποτό την ημέρα Ναι/Όχι

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

Εάν Ναι παρακαλώ δώσε περισσότερες πληροφορίες.....

7. Χρησιμοποιείς τελευταία κάποιο είδος φαρμάκου; Ναι/Όχι

Εάν Ναι δώσε περισσότερες πληροφορίες.....

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

Βρογχίτιδα; Ναι/Όχι Επιληψία; Ναι/Όχι

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

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

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

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

**Υπογραφή εξεταζόμενου/νης
τη δοκιμασία**

Υπογραφή εκτελούντος

Σας ευχαριστώ πολύ,
Προκόπιος Χατζάκης
Κ.Φ.Α.
Μεταπτυχιακός Φοιτητής