



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΔΡΟΜΙΚΗ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ»**

**Τζανιδάκης Ιωσήφ Α.Μ.: 9980201700127
Στεφάνου Γεώργιος Α.Μ.: 9980201700214**

Επιβλέπων Καθηγητής: Ζαχαρόγιαννης Ηλίας

**ΑΘΗΝΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021**

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

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΔΡΟΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει την επίδραση των στατικών διατάσεων στην δρομική οικονομία. Επτά φοιτητές της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού χωρίστηκαν τυχαία σε 2 ομάδες. Πραγματοποίησαν μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) σε δυο υπομέγιστες ταχύτητες (9 και 11 $km.h^{-1}$) μετά από την εκτέλεση στατικών διατάσεων για τα κάτω άκρα (ΠΣ) και μετά από ανάπαυση (ΣΕ), εντός 2 συνεδριών. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι στην μέση τιμή $\pm sd$ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά της $VO_2 ml.kg^{-1}.min^{-1}$ στην ταχύτητα των 9 $km.h^{-1}$ ($35,61 \pm 2,63$ V $34,71 \pm 3,9$) στις συνθήκες ΠΣ και ΣΕ αντίστοιχα. Αντίθετα η μέση τιμή $\pm sd$ της $VO_2 ml.kg^{-1}.min^{-1}$ στην ταχύτητα των 11 $km.h^{-1}$ ήταν διαφορετική μεταξύ των πειραματικών συνθηκών ($41,35 \pm 3,23$ V $40,67 \pm 3,66$) στις συνθήκες ΠΣ και ΣΕ αντίστοιχα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το πρωτόκολλο των στατικών διατατικών ασκήσεων επιδρά αρνητικά στην υπομεγιστη ταχύτητα των 11 $km.h^{-1}$ ενώ στα 9 $km.h^{-1}$ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Λέξεις Κλειδιά: Στατικές διατάσεις, δρομική οικονομία, ευλυγισία, κατανάλωση οξυγόνου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	σελ. 3
Πίνακας Περιεχομένων	σελ. 4
Κατάλογος Πινάκων.....	σελ. 5
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών	σελ. 5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 6
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ. 8
2.1. Διατάσεις	σελ. 8
2.1.1. Στατικές Διατάσεις.....	σελ. 9
2.2. Δρομική Οικονομία.....	σελ. 10
2.3. Ευλυγισία	σελ. 11
2.4. Σχέση μεταξύ στατικών διατάσεων και δρομικής οικονομίας	σελ. 12
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	σελ. 13
3.1. Συμμετέχοντες	σελ. 13
3.2. Πειραματικός Σχεδιασμός.....	σελ. 13
3.3. Εργαστηριακές Μετρήσεις – Όργανα Μέτρησης.....	σελ. 14
3.4. Στατιστική Ανάλυση	σελ. 20
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ. 20
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ. 23
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	σελ. 26
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 27

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Γραφική αναπαράσταση των μέσων τιμών VO_2 στα 9 km.h^{-1} με και χωρίς διατάσεις..... σελ. 21

Πίνακας 2. Γραφική αναπαράσταση των μέσων τιμών VO_2 στα 11 km.h^{-1} με και χωρίς διατάσεις..... σελ. 21

Πίνακας 3. Γραφική αναπαράσταση μέσων τιμών επίδοσης στην δοκιμασία Seat & Reach με και χωρίς διατάσεις..... σελ. 22

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

VO_2 : Σχετική Κατανάλωση Οξυγόνου

O_2 : Οξυγόνο

ΠΣ: Πειραματική Συνθήκη

ΣΕ: Συνθήκη Ελέγχου

Kgr: Χιλιογραμμάρια

Cm: Εκατοστά

Lit: Λίτρο

CO_2 : Διοξείδιο του Άνθρακα

VO_{2max} : Μέγιστη Κατανάλωση Οξυγόνου

Sd: Τυπική Απόκλιση

ΜΔ: Με Διατάσεις

ΧΔ: Χωρίς Διατάσεις

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απόδοση των αθλητών σε προσπάθειες τρεξίματος μεγάλων αποστάσεων εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους. Μια από αυτές είναι η δρομική οικονομία. Γενικά, οι καλύτεροι αθλητές αντοχής είναι πολύ οικονομικοί και καταναλώνουν την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή προσπάθεια τους. Πριν από κάθε αγωνιστική προσπάθεια μεγάλης διάρκειας, παρατηρείται ότι οι αθλητές κατά την προθέρμανση, εκτελούν διατάσεις, στην πλειοψηφία τους στατικές. Για να μελετηθεί ο συγκεκριμένος συνδυασμός (των στατικών διατάσεων στους δρόμους αντοχής και η επίδραση τους στην δρομική οικονομία), θα πρέπει αρχικά να ορίσουμε και να γίνουν ξεκάθαρες οι έννοιες οι οποίες θα τεθούν προς μελέτη.

Οι στατικές διατάσεις είναι ένα σύνηθες κομμάτι της προθέρμανσης για αθλητές και επαγγελματίες του χώρου του αθλητισμού, σε μια προσπάθεια να βελτιωθεί η απόδοση και να μειωθεί η πιθανότητα τραυματισμού (Johansson et al., 2007; Damasceno et al., 2014; Kubo et al., 2001), αν και υπάρχει σχετική έλλειψη δεδομένων στη βιβλιογραφία σχετικά με το τελευταίο (Magnusson & Renstrom, 2006).

Παλαιότερα, οι διατάσεις είχαν εφαρμοστεί ως μέρος των προπονητικών προγραμμάτων με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης και τη μείωση των πιθανοτήτων τραυματισμού. Οι διατάσεις επίσης είναι πολύ σημαντικές ως τρόπος βελτίωσης του συντονισμού και της ιδιοδεκτικότητας, αύξησης του εύρους κίνησης, βελτίωσης της κυκλοφορίας και παροχής ομαλότερων συσπάσεων των μυών καθώς και αύξηση της ευλυγισίας (Nelson et al., 2001), εξαιτίας της μεταβολής της μυϊκής ελαστικότητας (Janot et al., 2007; Kubo et al., 2001; Magnusson & Renstrom, 2006). Σημαντικό είναι το γεγονός ότι αρκετοί θεωρούν ότι οι στατικές διατάσεις επηρεάζουν το ενεργειακό κόστος της δρομικής προσπάθειας (Damasceno et al., 2014). Οι διατάσεις χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις δυναμικές και τις στατικές. Οι δυναμικές διατάσεις περιλαμβάνουν κινήσεις που μιμούνται συγκεκριμένες ενέργειες οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια της άσκησης (Janot et al., 2007). Οι στατικές διατάσεις περιλαμβάνουν αργή διάταση του μυ μέχρι το τέλος του εύρους κίνησης χωρίς εξωτερική επιβάρυνση και στη συνέχεια διατήρηση της θέσης αυτής για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο (Yessis, 2006).

Η αποτελεσματική αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας μεγιστοποιεί την απόδοση σε οποιοδήποτε αγώνα τρεξίματος. Αυτό σημαίνει πως η δυνατότητα

αποθήκευσης περισσότερης ενεργείας είναι εξαιρετικά σημαντική. Το πλεόνασμα ενεργείας επιτρέπει στον δρομέα να διατηρεί υψηλή ένταση χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά ο ρυθμός χρήσης των συνολικών αποθεμάτων ενεργείας (Daniels, 1985). Η δρομική οικονομία τυπικά ορίζεται ως η ενεργειακή δαπάνη για μία δεδομένη ταχύτητα υπομέγιστη έντασης τρεξίματος και υπολογίζεται από την κατανάλωση οξυγόνου (VO_2) και την αναλογία αναπνευστικής ανταλλαγής αερίων (Saunders et al., 2004; Arampatzis et al., 2006; Daniels, 1985) ενώ επίσης ποικίλει ανάλογα το δρομέα (Conley & Krahenbuhl, 1980). Όταν ένας αθλητής χρησιμοποιεί λιγότερο οξυγόνο από άλλους για την ίδια υπομέγιστη σταθερή ταχύτητα σημαίνει ότι είναι πιο οικονομικός και επομένως έχει καλύτερη δρομική οικονομία (Saunders et al., 2004; Conley & Krahenbuhl, 1980). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την δρομική οικονομία συμπεριλαμβάνουν την θερμοκρασία του αθλητή, τον μεταβολισμό των μυών, τον τύπο μυϊκών ινών, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, την τεχνική τρεξίματος, την αύξηση της ηλικίας (Daniels, 1985), την μυϊκή δυσκαμψία και την αποθήκευση - επιστροφή της ελαστικής ενέργειας (Saunders et al., 2004; Daniels, 1985; Fletcher et al., 2010; Magnusson & Renstrom, 2006). Η ευλυγισία έχει προταθεί αμφιλεγόμενα ως ένας από τους βιομηχανικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην μεταβλητότητα που παρατηρείται στην δρομική οικονομία μεταξύ των δρομέων αποστάσεων (Trehearn & Buresh, 2009). Η συγκεκριμένη πειραματική έρευνα έχει ως σκοπό να παρατηρήσει αν οι στατικές διατάσεις επηρεάζουν την δρομική οικονομία όντας ένας παράγοντας που την επηρεάζει.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στην αθλητική προπόνηση και την διαδικασία της αθλητικής προετοιμασίας, αθλητές και προπονητές εφαρμόζουν διατάσεις σε όλα τα είδη αθλημάτων. Από τον αθλητή της άρσης βαρών διεθνούς επιπέδου ως τον δρομέα αντοχής υψηλού επιπέδου ή τον αθλούμενο δρομέα, όλοι παρατηρείται ότι διατείνουν τις - σχετικές με την άσκηση τους – μυϊκές ομάδες. Όλοι όμως, έχουν σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης τους. Υπάρχει πληθώρα διατάσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην προπονητική διαδικασία. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που μελέτησαν την επίδραση των διατάσεων στην απόδοση των αθλητών.

2.1. ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ

Γενικά, ως διάταση ορίζεται η εκτέλεση μιας συγκεκριμένης άσκησης με σκοπό τη βελτίωση του εύρους κίνησης (Magnusson & Renstrom, 2006) και επομένως της ευλυγισίας. Ο σκοπός για τον οποίο οι αθλητές υποβάλλονται σε διατάσεις είναι η επιμήκυνση τενόντων και μυών. Οι διατάσεις προκαλούν ελαστική επιμήκυνση, πλαστική παραμόρφωση (Yessis, 2006) και σε ακραίες περιπτώσεις ρήξη των υπό διάταση ιστών, ανάλογα με την επιβάρυνση στην οποία υποβάλλονται (Yessis, 2006). Οι αθλητικές διατάσεις χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες, τις δυναμικές και τις στατικές.

Δυναμικές Διατάσεις: Το συγκεκριμένο είδος διατάσεων επιβάλλει την παθητική ορμή για να βελτιωθεί το εύρος κίνησης σε χαλαρούς ή συσπασμένους μύες (Yessis, 2006). Οι διατάσεις αυτές ενσωματώνουν όλες τις κινήσεις του σώματος και περιλαμβάνουν τις ενεργές και ρυθμικές συστολές μίας μυϊκής ομάδας (Curry et al., 2009). Όταν ο μυς επιμηκυνθεί στο μέγιστο εύρος, τότε η άσκηση διακόπτεται και δεν πραγματοποιείται ξανά, διότι οι κουρασμένοι ή στρεσαρισμένοι μύες δεν θα καταφέρουν να φτάσουν ξανά στο μέγιστο εύρος κίνησης (Hayes & Walker, 2007).

Στατικές Διατάσεις: Αυτό το είδος διάτασης διακρίνεται από την διατήρηση μίας θέσης στην οποία διατείνεται ένας μυς χωρίς εξωτερική υποβοήθηση. Οι στατικές διατάσεις με διάρκεια 10-15 δευτερολέπτων, με ένταση στο 50% από το σημείο δυσφορίας, έχει παρατηρηθεί πως αυξάνει το μήκος του μυός, μειώνει σημαντικά την μυοτενόντια σκληρότητα και την νευρική ενεργοποίηση (Mojock et al., 2011). Έρευνες δείχνουν πως οι παρατεταμένες στατικές διατάσεις προκαλούν οξείες

αλλαγές στο νευρομυϊκό σύστημα που μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές σε άλλα είδη της φυσικής απόδοσης (Allison et al., 2008).

2.1.1. ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ

Οι στατικές διατάσεις χαρακτηρίζονται από τη σταθερή διάταση μιας μυϊκής ομάδας για κάποιο χρόνο που ορίζεται από τον προπονητή. Η εκτέλεση τους περιορίζεται στην προθέρμανση (Damasceno et al., 2014; Lowery et al., 2014) και δεν περιλαμβάνουν εξωτερική υποβοήθηση (Yessis, 2006). Η εφαρμογή τους οφείλεται στην άποψη ότι οι στατικές διατάσεις αυξάνουν την απόδοση και μειώνουν την πιθανότητα τραυματισμού (Kistler et al., 2010). Βεβαία, τα τελευταία στοιχεία δεν επιβεβαιώνουν τον παραπάνω ισχυρισμό (Janot et al., 2007). Οι στατικές διατάσεις μειώνουν την μυοτενοντια σκληρότητα (Kubo et al., 2000; Siatras et al., 2003; Magnusson & Renstrom, 2006) και κάνουν τους τένοντες και τους μύες πιο επιδεκτικούς σε μηχανικές αλλαγές, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση του εύρους κίνησης (Kubo et al., 2000). Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η βελτίωση της ικανότητας των μυών να βελτιώνουν την χωρητικότητα αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας και να την εκμεταλλεύονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο (Kubo et al., 2000). Συγκεκριμένα, η εφαρμογή τους αυξάνει το μήκος των σαρκομερίων, απομακρύνοντας την ακτίνη από τη μυοσίνη. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε αδυναμία από μέρους του αθλητή να εφαρμόσει την απαραίτητη δύναμη για την ιδανική εκτέλεση μιας αθλητικής κίνησης (Janot et al., 2007). Μια άλλη επίδραση των στατικών διατάσεων είναι η καθυστέρηση στην πραγματοποίηση των μυϊκών συσπάσεων μετά την εφαρμογή τους (Kubo et al., 2000). Επίσης, η αύξηση της ευλυγισίας (Siatras et al., 2003; Nelson et al., 2001) και η ταυτόχρονη μείωση της αντίστασης την οποία εφαρμόζει το μυοτενοντιο σύστημα είναι σημαντικές.

Σε ερεύνα που πραγματοποιήθηκε από τους Kubo et al., (2001), παρατηρήθηκαν αλλαγές στις μηχανικές ιδιότητες των τενόντων μετά από στατική διάταση, εξαιτίας μείωσης της μυοτενοντίας σκληρότητας. Αυτό είχε ως αντίκτυπο την καθυστέρηση εφαρμογής της επιθυμητής δύναμης από τους συμμετέχοντες στο πείραμα. Ακόμη, οι στατικές διατάσεις θεωρείται ότι έχουν και νευρομυϊκή επίδραση (Kistler et al., 2010; Siatras et al., 2003). Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στα σπριντ, όπου η επίδραση των στατικών διατάσεων στο νευρικό σύστημα οδηγεί σε μείωση της απόδοσης (Kistler et al., 2003). Οι Kistler et al., (2010), παρατήρησαν ότι οι στατικές διατάσεις είναι ανασταλτικός παράγοντας για την επίτευξη υψηλής

απόδοσης στα σπριντ. Οι παραπάνω ερευνητές εστιάζουν στην διαφοροποίηση της λειτουργίας του νευρικού μηχανισμού, της μυοτενόντιας σκληρότητας και της αύξησης της ευλυγισίας ως τους παράγοντες για τους οποίους η απόδοση των αθλητών μειώθηκε. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Siatras et al., (2003). Οι επικοντιστές που εξέτασαν, είχαν μειωμένη ταχύτητα μετά από την εφαρμογή στατικών διατάσεων.

2.2. ΔΡΟΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η δρομική οικονομία είναι ένας από τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αθλητική επίδοση στους δρόμους αντοχής μαζί με την καλή καρδιακή λειτουργία, την ικανότητα του αθλητή να διατηρεί υψηλή VO_2 για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς την υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος (Saunders et al., 2004), και την ικανότητα χρήσης λίπους ως πηγή ενεργείας (Saunders et al., 2004; Barnes & Kilding, 2014; Foster & Lucia, 2007). Ο ορός δρομική οικονομία εισήχθη πρώτη φορά στη βιβλιογραφία από τον Daniels το 1985. Ο Daniels, (1985) αναφέρει ότι η αποδοτική χρήση της διαθέσιμης ενέργειας οδηγεί στην βέλτιστη απόδοση σε προσπάθειες μεγάλης χρονικής διάρκειας. Αυτό συνεπάγεται την υψηλή ικανότητα των μυών να προμηθεύονται με ενέργεια και την ικανότητα συντήρησης μιας υψηλής έντασης χωρίς να επηρεάζεται ο ρυθμός κατανάλωσης της ενέργειας. Η βιβλιογραφία ορίζει την δρομική οικονομία ως το ποσοστό κατανάλωσης οξυγόνου ανά μονάδα σωματικού βάρους κατά την διάρκεια τρεξίματος σε ένα σταθερό υπομέγιστο ρυθμό (Williams & Cavanagh, 1987; Cavanagh & Kram, 1985; Arampatzis et al., 2006; Saunders et al., 2004; Daniels, 1985; Conley & Krahenbuhl, 1980). Οι δρομείς καταναλώνουν διαφορετικά ποσοστά οξυγόνου στην ίδια υπομέγιστη ταχύτητα (Arampatzis et al., 2006; Williams & Cavanagh, 1987; Daniels, 1974). Η δρομική οικονομία βασίζεται σε, διαφορετικές για κάθε αθλητή, βιομηχανικές και φυσιολογικές παραμέτρους. Η θερμοκρασία του σώματος (Daniels, 1985), η τεχνική (Williams & Cavanagh, 1987), το μήκος διασκελισμού, η κόπωση (Fletcher et al., 2010) και ο χρόνος επαφής με το έδαφος (Daniels, 1985), ο καρδιακός παλμός, το επίπεδο του κάθε αθλητή και το αναπνευστικό κατώφλι έχουν ρόλο στο επίπεδο της δρομικής οικονομίας (Saunders et al., 2004). Η σύσταση των μυών σε σχέση με τις μυϊκές ίνες από τις οποίες αποτελείται, μπορούν ακόμη να παίξουν το ρόλο τους. Είναι προφανές ότι ένας αθλητής με την πλειοψηφία των μυϊκών ινών του να είναι τύπου I θα καταναλώνει λιγότερη ενέργεια από έναν αθλητή που έχει τύπου II

(Williams & Cavanagh, 1987; Jones, 2002). Η σχέση ηλικίας – κατανάλωσης ενέργειας είναι αντιστρόφως ανάλογη για υπομέγιστες εντάσεις ενώ το φύλο δεν φαίνεται να επηρεάζει το ενεργειακό κόστος (Daniels, 1985; Trehearn & Buresh, 2009).

Η ελαστικότητα του μυοτενόντιου συνόλου συμπεριλαμβάνεται στους παράγοντες που επηρεάζουν το ενεργειακό κόστος (Arampatzis et al., 2006). Έχει αποδειχθεί ότι η αυξημένη μυοτενοντια σκληρότητα έχει ευεργετικές ιδιότητες στην δρομική οικονομία (Saunders et al., 2004; Fletcher et al., 2010; Magnusson & Renstrom, 2006; Jones, 2002; Trehearn & Buresh, 2009). Στην ερέυνα των Arampatzis et al., (2006), οι καλύτεροι και πιο οικονομικοί αθλητές παρουσίαζαν υψηλή μυϊκή δυσκαμψία. Μια πιο υψηλή μυοτενοντια σκληρότητα σημαίνει και μειωμένο ενεργειακό κόστος (Fletcher et al., 2010). Ένα μυοτενοντιο σύνολο πιο επιδεκτικό σε μηχανικές αλλαγές αποθηκεύει περισσότερη ενέργεια κατά την διάταση και η ικανότητα του να διατείνεται περισσότερο κάνει την ταχύτητα σύσπασης του πιο χαμηλή (Jones, 2002). Η ελαστικότητα είναι ευεργετική μονό αν παρουσιάζεται σε μικρό βαθμό. Η μυϊκή δυσκαμψία πρέπει να επικρατεί για να εκμεταλλεύεται ο αθλητής τα μέγιστα την ελαστική ενέργεια (Trehearn & Buresh, 2009). Γενικότερα, όταν η προσαρμοστικότητα των μυοτενόντιων συστημάτων είναι μειωμένη, οδηγεί και σε μείωση της μεταφοράς ενέργειας και κατ' επέκταση του ενεργειακού κόστους (Fletcher et al., 2010). Ισχύει λοιπόν, ότι οι αθλητές με τη μικρότερη ευλυγισία είναι πιο οικονομικοί (Jones, 2002).

2.3. ΕΥΛΥΓΙΣΙΑ

Ο όρος ευλυγισία έχει οριστεί ως η ικανότητα κίνησης μίας άρθρωσης σε ολόκληρο το εύρος κίνησης (Hayes & Walker, 2007). Το εύρος κίνησης της άρθρωσης έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό συστατικό της φυσικής κατάστασης. Θεωρείται πως η βελτίωση της ευλυγισίας επιφέρει καλύτερες επιδόσεις καθώς και μείωση της πιθανότητας τραυματισμού (Smith, 1994; Nelson et al., 2001). Πρόκειται για ένα στοιχείο σχετικό με την υγεία αν και συχνά παραβλέπεται από τα προγράμματα άσκησης. Η έλλειψη του στοιχείου αυτού έχει ως αποτέλεσμα την δυσκαμψία των μυών και των αρθρώσεων, πρόκληση πόνου στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης καθώς και κακή στάση σώματος. Επιπροσθέτως, η έλλειψη ασκήσεων ευλυγισίας, οδηγεί σε περιορισμένο εύρος κίνησης των αρθρώσεων σε διάφορα σημεία του σώματος, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο τραυματισμού

συνδέσμων, τενόντων και των μαλακών ιστών, καθώς και σε επιπτώσεις στην αθλητική απόδοση (Hayes & Walker, 2007).

Έχει παρατηρηθεί πως δρομείς που έχουν χαμηλό εύρος κίνησης στις αρθρώσεις των κάτω άκρων είναι πιο οικονομικοί (Gleim et al., 1990). Υποστηρίχτηκε αργότερα και από τους Craib et al., (1996), όπου συσχέτισαν 9 μετρήσεις κορμού και ευλυγισίας των κάτω άκρων με το κόστος οξυγόνου σε δοκιμασία πάνω σε δαπεδοεργόμετρο σε 2 διαφορετικές ταχύτητες. Στην έρευνα του Jones, (2002), βρέθηκε πως μόνο το 47% της δρομικής οικονομίας μπορούσε να εξηγηθεί μέσω των μετρήσεων ευλυγισίας. Επίσης, η ευλυγισία μπορεί να αποτελέσει έναν περιοριστικό παράγοντα σε υψηλές ταχύτητες (Craib et al., 1996). Ακόμη, στην έρευνα των Wilson et al., (2010), βρέθηκε πως οι γυναίκες αθλήτριες είναι πιο ευλύγιστες συγκριτικά με το αντίθετο φύλο σε ποσοστό 29%. Θεωρείται μία σημαντική μεταβλητή που μπορεί να επηρεαστεί μόνο από τις διατάσεις (Wilson et al., 2010).

2.4. ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΡΟΜΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

Ένα σημαντικό ερώτημα που αξίζει μελέτης είναι η επίδραση προγράμματος στατικών διατάσεων στη δρομική οικονομία. Οι στατικές διατάσεις θεωρείται ότι αυξάνουν το ενεργειακό κόστος (Godges et al., 1989). Την παραπάνω άποψη έχουν επιβεβαιώσει έρευνες όπως των Damasceno et al., (2014), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η εφαρμογή στατικών διατάσεων επηρέασε αρνητικά τα πρώτα μετρά της δοκιμασίας απόστασης 3000 μέτρων. Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι η αυξημένη ευλυγισία συνεπάγεται και χειρότερη δρομική οικονομία (Jones, 2002). Ωστόσο, στην έρευνα αυτή αν και μετά το διατατικό πρωτόκολλο η ευλυγισία αυξήθηκε, η δρομική οικονομία δεν παρουσίασε αλλαγές. Το ίδιο αποτέλεσμα είχε και η μελέτη των Hayes and Walker (2007) οι οποίοι το απέδωσαν στην αύξηση της θερμοκρασίας. Βέβαια, έχουν υπάρξει μελέτες στις οποίες οι στατικές διατάσεις έδειξαν επιδείνωση στη δρομική οικονομία (Lowery et al., 2013), λόγω μηχανικών αλλαγών. Πιο συγκεκριμένα, οι στατικές διατάσεις οδήγησαν σε μεγαλύτερους χρόνους επαφής με το έδαφος και στην στρατολόγηση περισσότερων κινητικών μονάδων για την εκτέλεση μιας αθλητικής προσπάθειας (Lowery et al., 2013). Πιθανόν τα παραπάνω προκύπτουν από τη μείωση της μυοτενόντιας σκληρότητας, η οποία να είναι αυτή που αυξάνει τις ενεργειακές απαιτήσεις. Από την άλλη όμως, οι Godges et al.,(1989),

στο πείραμα τους παρατήρησαν βελτίωση της οικονομίας των συμμετεχόντων όταν πριν την μέτρηση της εφάρμοσαν στατικές διατάσεις.

Συνολικά πάντως, η πλειονότητα των ερευνών τείνει προς το συμπέρασμα ότι οι στατικές διατάσεις δεν επηρεάζουν την δρομική οικονομία (Damasceno et al., 2014; Hayes & Walker, 2007; Nelson et al., 2001; Mojock et al., 2011; Allison et al., 2008; Zimmer et al., 2007), χωρίς όμως να εκλείπουν και έρευνες με διαφορετικά αποτελέσματα. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να μελετηθεί η επίδραση των στατικών διατάσεων στην κατανάλωση O_2 σε ένα εύρος υπομέγιστων ταχυτήτων τρεξίματος (δρομική οικονομία) χρησιμοποιώντας δοκιμαζόμενους ομάδα φοιτητών φυσικής αγωγής.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Για την μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν 7 φοιτητές (5 άνδρες και 2 γυναίκες) του τμήματος φυσικής αγωγής και αθλητισμού του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, με διάμεση ηλικία τα $23,43 \pm 5,38$ έτη. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς και μη καπνιστές.

3.2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Οι συμμετέχοντες χωριστήκαν σε 2 ομάδες και πραγματοποίησαν 2 συνεδρίες ο καθένας. Στην πρώτη συνεδρία, η μια ομάδα πραγματοποίησε μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου και της καρδιακής συχνότητας ενώ είχε προηγηθεί εκτέλεση ενός πρωτόκολλου στατικών διατάσεων (ΠΣ). Η δεύτερη ομάδα πραγματοποίησε την ίδια δοκιμασία χωρίς να προηγηθούν διατατικές ασκήσεις (ΣΕ). Στην δεύτερη συνεδρία, οι 2 ομάδες αντάλλαξαν ρόλους. Ο διαμοιρασμός των ατόμων στις 2 ομάδες έγινε τυχαία.

Πιο συγκεκριμένα, οι αθλητές προσήλθαν στον χώρο εξέτασης με αθλητική περιβολή. Όλοι οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν ζέσταμα 5 λεπτών σε ρυθμό $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ σε δαπεδοεργόμετρο, πριν από την πραγματοποίηση οποιασδήποτε δραστηριότητας. Οι συμμετέχοντες της ΠΣ, έπειτα από το ζέσταμα, πραγματοποίησαν ένα διατατικό πρωτόκολλο 6 ασκήσεων. Όταν το ολοκλήρωσαν, εξετάστηκε η ευλυγισία τους μέσω της δοκιμασίας Seat&Reach. Σε κάθε δοκιμαζόμενο επίσης μετρήθηκε η VO_2 στο

δαπεδοεργόμετρο σε 2 διαφορετικές υπομέγιστες ταχύτητες διάρκειας 3 λεπτών. Η ίδια ομάδα εκτέλεσε τις προηγούμενες δοκιμασίες 4 ημέρες μετά χωρίς διατάσεις. Σε κάθε συνεδρία προηγήθηκε η μέτρηση της μάζας του σώματος και του % σωματικού λίπους.

3.3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ανάστημα

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

Μάζα σώματος

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

%λίπος

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



Εικόνα 1. Μέτρηση υποπλάτιας δερματοπτυχής με δερματοπτυχόμετρο Harpenden.

Ευλυγισία

Η ευκινησία της άρθρωσης του ισχίου μετρήθηκε σε πάγκο διαστάσεων 60cm μήκος, 35cm πλάτος και 35cm ύψος (seat and reach box, Cranlea, U.K.).

Οι δοκιμαζόμενοι από την εδραία θέση με δίπλωση του κορμού και με τα γόνατα τεντωμένα προσπάθησαν με τις άκρες των δακτύλων να φτάσουν τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση πάνω στον πάγκο σε κλίμακα 0-60 cm (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Μέτρηση ευλυγισίας με seat and reach box

Κατανάλωση οξυγόνου

Η μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) έγινε σε 2 υπομέγιστες ταχύτητες (9 και 11 $km \cdot h^{-1}$) πάνω σε δαπεδοεργόμετρο (Technogym runrace 1200, Italy) (Εικόνα 3. και 4.). Στην αρχή κάθε ημέρας πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση της ταχύτητας του δαπεδοεργόμετρου μετρώντας το χρόνο των 30 περιστροφών του μάντα υπολογίζοντας έτσι την ταχύτητα του και συγκρίνοντας με τις ενδείξεις των οργάνων του. Η κλίση του δαπεδοεργόμετρου σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας διατηρήθηκε μηδενική.

Στη διάρκεια της δοκιμασίας ο εκπνεόμενος αέρας κατευθυνόταν μέσω βαλβίδας δύο διαδρομών (Hans Rudolph, 2700c) και πλαστικού σωλήνα (180 cm) σε πλαστικούς σάκους 100 lit (Douglas bags, UK) ενώ η ποσοστιαία αναλογία σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα αναλύονταν με τη χρήση των αναλυτών αερίων Vaccumed (17620 O_2 και 17630 CO_2 silver edition, USA). Ο αναλυτής αερίων βαθμονομήθηκε πριν από κάθε δοκιμασία με γνωστή σύνθεση αερίων. Ο όγκος του εκπνεόμενου αέρα μετρήθηκε με φορητό ξηρό πνευμονοταχογράφο (Harvard dry gas

meter, USA). Η βαθμονόμηση του πνευμονοταχογράφου έγινε με σύριγγα 3l (Hans Rudolf 5530, Kansas City, MO) σε διαφορετικές ταχύτητες ροής αέρα.

Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν να προσέρχονται στο εργαστήριο μετά από τουλάχιστο 24 ώρες αποχή από αλκοόλ, καφεΐνη, κάπνισμα και έντονη άσκηση.



Εικόνα 3. και 4. Μέτρηση της κατανάλωσης O_2 με τη χρήση σάκων Douglas στη διάρκεια της δοκιμασίας υπομέγιστων ταχυτήτων τρεξίματος.

Καρδιακή συχνότητα.

Η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας έγινε σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας εύρεσης της VO_2max . Ο δοκιμαζόμενος φορούσε γύρω από τον θώρακα ζώνη (Polar, Finland) (Εικόνα 5.) 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 συνδέθηκε με το λειτουργικό πρόγραμμα του εργοσπιρόμετρου. Με αυτόν τον τρόπο μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία της εργοσπιρομέτρησης αποθηκεύτηκε και η καρδιακή συχνότητα για μεταγενέστερη ανάλυση

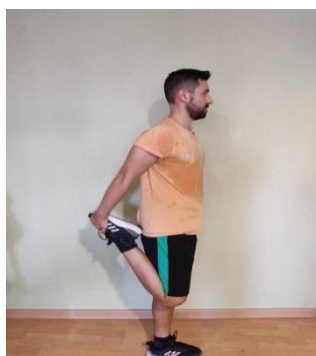


Εικόνα 5. Ο αισθητήρας (πομπός) Polar (T31) που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας.

Πρόγραμμα διατατικών ασκήσεων

Στο πρόγραμμα διατατικών ασκήσεων συμπεριλήφθηκαν αποκλειστικά στατικές διατάσεις για τα κάτω άκρα. Συγκεκριμένα, οι διατάσεις στόχευαν στις μυϊκές ομάδες οι οποίες ενεργοποιούνται περισσότερο κατά την διάρκεια της δρομικής δραστηριότητας. Πιο αναλυτικά, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε 6 διατατικές ασκήσεις για τα κάτω άκρα. Πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις των 30 δευτερολέπτων για κάθε άκρο με το διάλειμμα για κάθε πόδι να διαρκεί όσο η διάταση του αντίθετου ποδιού. Όλοι οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τις ίδιες διατάσεις με την ίδια σειρά και με επίβλεψη. Η ένταση της διάτασης έφτανε το σημείο της μυϊκής δυσφορίας αλλά όχι το σημείο του πόνου.

Διάταση για τον τετρακέφαλο μηριαίο: ο δοκιμαζόμενος βρίσκεται σε μονοποδική στήριξη. Φέρνει τη φτέρνα του σε επαφή με τον γλουτό. Ο κορμός και τα γόνατα βρίσκονται στην ίδια ευθεία.



Εικόνα 6. Διάταση τετρακέφαλου μηριαίου

Διάταση γαστροκνημίου 1: τα χέρια βρίσκονται σε επαφή με τον τοίχο και σπρώχνουν ενώ το πόδι που διατείνεται βρίσκεται πίσω με τη φτέρνα να έρχεται σε πλήρη επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 7α. Διάταση γαστροκνημίου 1

Διάταση γαστροκνημίου 2: ο συμμετέχων ανεβαίνει και στέκεται σε μονοποδική στήριξη πάνω σε ένα step ή ένα σκαλί. Η επαφή του με το έδαφος γίνεται μόνο με το μπροστινό μέρος του πέλματος. Ρίχνει το σωματικό του βάρος πάνω στο πόδι ώστε να δημιουργηθεί μεγάλη ραχιαία κάμψη του πέλματος. Ο δοκιμαζόμενος δεν ωθεί το σώμα του με το διατεινόμενο πόδι.



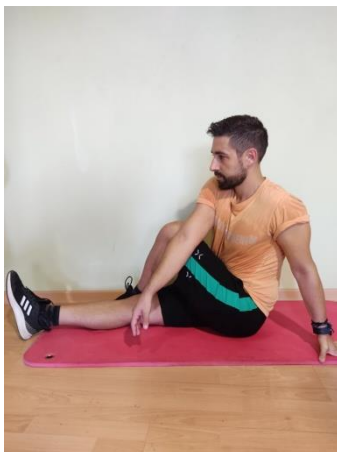
Εικόνα 7β. Διάταση γαστροκνημίου 2

Διάταση Γαστροκνημίου: ίδια στάση και θέση με την διάταση για **γαστροκνήμιο 1**. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι απαιτείται ελαφριά κάμψη του γόνατος του ποδιού το οποίο υποβάλλουμε σε διάταση.



Εικόνα 7γ. Διάταση γαστροκνημίου 3

Διάταση γλουτιαίων 1: ο δοκιμαζόμενος, σε καθιστή θέση, φέρνει το διατεινόμενο πόδι κοντά στο στήθος ενώ είναι περασμένο πάνω από το αντίθετο πόδι το οποίο βρίσκεται τεντωμένο στο έδαφος. Το διατεινόμενο πόδι ακουμπά με το πέλμα στο έδαφος σε θέση κοντά στη λεκάνη.



Εικόνα 8α. Διάταση γλουτιαίου

Διάταση γλουτιαίων 2: ο ασκούμενος, από ύπτια θέση έλκει το διατεινόμενο πόδι από το γόνατο προς το στήθος. Η λεκάνη και οι ωμοί παραμένουν σε μόνιμη επαφή με το έδαφος. Το αντίθετο πόδι παραμένει τεντωμένο και σε επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 8β. Διάταση γλουτιαίου

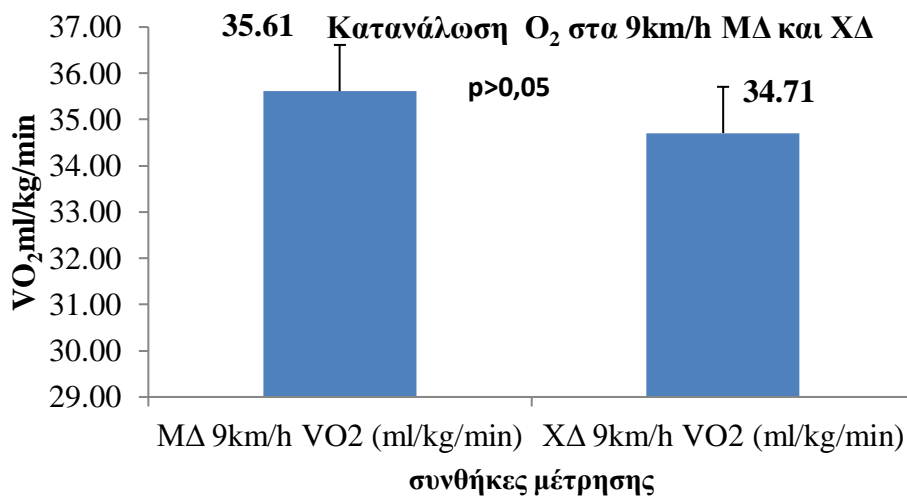
3.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική για τον υπολογισμό των μέσων τιμών και τυπικών αποκλίσεων των παραμέτρων της μελέτης. Για τη σύγκριση των μέσων τιμών χρησιμοποιήθηκε εξαρτημένο T test. Για τη στατιστική σημαντικότητα χρησιμοποιήθηκε $p < 0.05$.

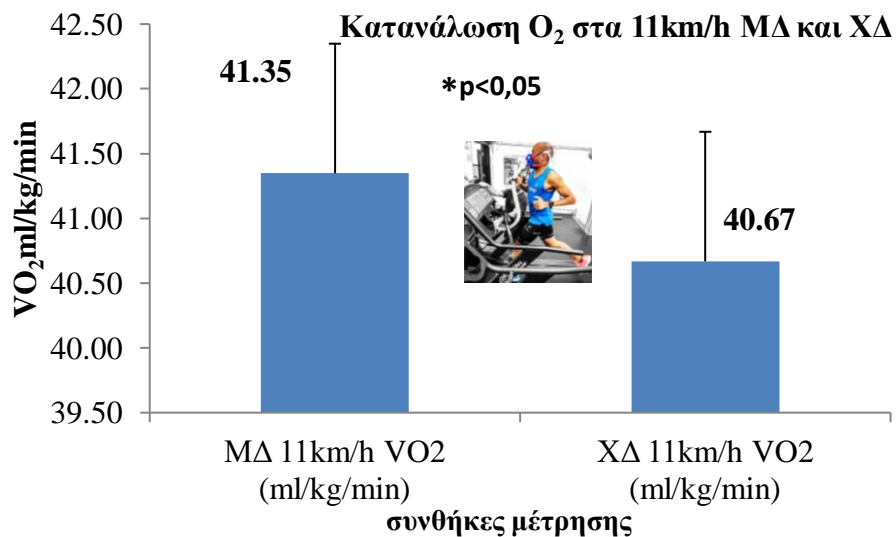
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Επτά δοκιμαζόμενοι (2 γυναίκες και 5 άντρες) ηλικίας από 19 ετών έως 35 ετών, με τυχαία σειρά κλήθηκαν να λάβουν μέρος στις δύο πειραματικές συνεδρίες ΠΣ και ΣΕ. Η μέση τιμή \pm sd της ηλικίας, βάρους και αναστήματος ήταν $23,43 \pm 5,38$ ετών, $66,34 \pm 10,27$ κιλών και $167,9 \pm 10,27$ εκατοστών αντίστοιχα.

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη μέση τιμή της $VO_2 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ στην ταχύτητα των $9 km \cdot h^{-1}$ ($35,61 \pm 2,63$ V $34,71 \pm 3,9$) στις συνθήκες ΠΣ και ΣΕ αντίστοιχα (Πίνακας 1). Αντίθετα η μέση τιμή της $VO_2 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ στην ταχύτητα των $11 km \cdot h^{-1}$ ήταν διαφορετική μεταξύ των πειραματικών συνθηκών ($41,35 \pm 3,23$ V $40,67 \pm 3,66$) στις συνθήκες ΠΣ και ΣΕ αντίστοιχα (Πίνακας 2).

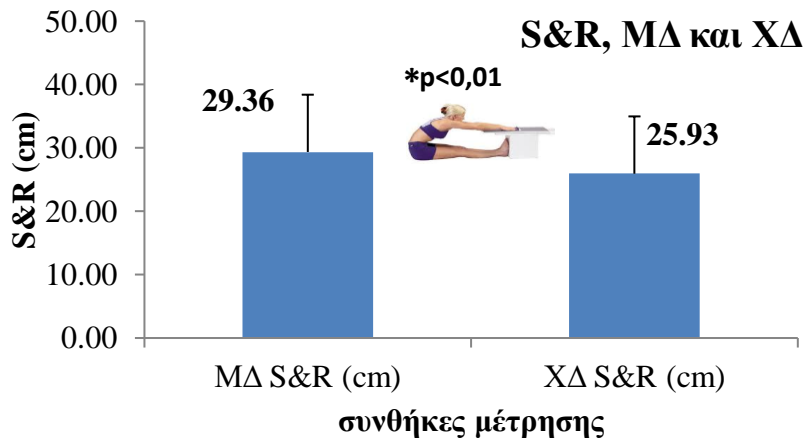


Πίνακας 1. Γραφική αναπαράσταση των μέσων τιμών VO₂ στα 9 km.h⁻¹ με και χωρίς διατάσεις



Πίνακας 2. Γραφική αναπαράσταση των μέσων τιμών VO₂ στα 11 km.h⁻¹ με και χωρίς διατάσεις

Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας Seat&Reach ήταν $29,36 \pm 9,04$ και $25,93 \pm 8,54$ με διατάσεις και χωρίς διατάσεις αντίστοιχα. Στατιστικά σημαντική διαφορά εντοπίστηκε με $p=0,006$ ($p<0,01$) (Πίνακας 3).



Πίνακας 3. Γραφική αναπαράσταση μέσω των τιμών επίδοσης στην δοκιμασία Seat & Reach με και χωρίς διατάσεις.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη εξέτασε την επίδραση των στατικών διατάσεων στην κατανάλωση O_2 και την ευλυγισία 7 φοιτητών φυσικής αγωγής. Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διάφορα στην δρομική οικονομία των δοκιμαζομένων στα 9 km.h^{-1} , στη συνθήκη ΠΣ και ΣΕ. Παρ' όλα αυτά, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές της $VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ στην ταχύτητα 11 km.h^{-1} , μεταξύ των συνθηκών. Φαίνεται ότι η χρήση διατατικών ασκήσεων αυξάνει την κατανάλωση οξυγόνου στα 11 km.h^{-1} .

Τα αποτελέσματα της μελέτης μας έρχονται σε αντίθεση με αυτά των Hayes and Walker, (2007), οι οποίοι στην δική τους πειραματική προσπάθεια δεν παρατήρησαν κάποια διαφορά της δρομικής οικονομίας των αθλητών-δοκιμαζομένων σε υπομέγιστες ταχύτητες, ενώ είχαν προηγηθεί στατικές διατάσεις. Βεβαία, σύμφωνα με τους συγγραφείς, ρόλο στην απουσία μεταβολών έπαιξε πιθανότατα το γεγονός ότι η μέτρηση της $VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ συνέβη στα τελευταία 2 λεπτά της δεκάλεπτης υπομέγιστης δοκιμασίας την οποία οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να εκτελέσουν. Άρα, το υπομέγιστης έντασης τρέξιμο που προηγήθηκε, είναι πιθανό να κάλυψε τις οποίες μεταβολές. Στην μελέτη μας από την άλλη, μπορεί να μην παρατηρηθήκαν μεταβολές σε χαμηλή ταχύτητα τρεξίματος (9 km.h^{-1}) αλλά όταν ο ρυθμός αυξήθηκε (11 km.h^{-1}), παρατηρήθηκε αύξηση της VO_2 . Σε αντίθεση επίσης με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι και τα αποτελέσματα των Allison et al., (2008), οι οποίοι δεν παρατήρησαν διαφορές στην δρομική οικονομία σε δείγμα δρομέων αντοχής, επισημαίνοντας όμως ότι η μέτρηση της $VO_2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ πραγματοποιήθηκε 6 λεπτά μετά την εκτέλεση του διατατικού πρωτόκολλου. Ακόμη, οι Damasceno et al., (2014), αν και παρατήρησαν μεταβολές στην μυϊκή ενεργοποίηση και στον ρυθμό δρομικής προσπάθειας 3 χιλιομέτρων (αργό ξεκίνημα), η δρομική οικονομία δεν παρουσίασε καμία μεταβολή. Παρομοίως, οι Zimmer et al., (2007) δεν παρατήρησαν κάποια διαφορά στην δρομική οικονομία των δοκιμαζομένων δρομέων μετά από την διαδικασία διάτασης των μυών των κάτω άκρων και μάλιστα σε καμία από τις 3 υπομέγιστες εντάσεις τρεξίματος που εξέτασαν στο δαπεδοεργόμετρο. Οι ερευνητές επέρριψαν την απουσία αλλαγών στην χαμηλή δρομική ταχύτητα, η οποία πιθανότατα έδωσε τον χρόνο στις διατεταμένες μυϊκές ίνες να επανέλθουν στις φυσιολογικές προ- διάτασης μηχανικές ιδιότητες τους. Μια πιο υψηλή ένταση άσκησης θα εμφάνιζε μεταβολές στην κατανάλωση οξυγόνου. Τα

αποτελέσματα της δικής μας έρευνας επιβεβαιώνουν ακριβώς αυτό, αφού αν και σε χαμηλή ταχύτητα τρεξίματος δεν παρατηρηθήκαν διαφορές, όταν η ένταση αυξήθηκε, οι απαιτήσεις των δοκιμαζομένων σε οξυγόνο επίσης αυξήθηκαν. Οι Mojock et al., (2011), εφάρμοσαν στατικές διατάσεις πριν από δοκιμασία 30 λεπτών σε υπομέγιστη ταχύτητα. Παρ' όλα αυτά, η ενεργειακή κατανάλωση ούτε σε αυτή την περίπτωση μεταβλήθηκε.

Από την άλλη, οι Wilson et al., (2010), παρατήρησαν πολύ αυξημένες απαιτήσεις οξυγόνου και μειωμένη απόδοση στην αντοχή όταν είχε προηγηθεί της άσκησης στατικό διατατικό πρωτόκολλο. Οι διαφορές ανάμεσα στις υπομέγιστες δοκιμασίες 30 λεπτών ήταν εμφανείς, ανάλογα με το αν είχε προηγηθεί διάταση των μυών των κάτω άκρων. Σύμφωνα με τον Wilson, το γεγονός των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων οφείλεται πιθανότατα στην μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων των μυών και των τενόντων εξαιτίας της διάτασης και της μείωσης της μυοτενόντιας σκληρότητας. Το γεγονός αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο στην μεταφορά της ελαστικής ενέργειας αλλά και στην επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων για την εφαρμογή της απαραίτητης δύναμης προς το έδαφος, και αντικατοπτρίζεται στη μέτρηση της δρομικής οικονομίας. Η παραπάνω τοποθέτηση δικαιολογεί την διαφορά στην δρομική οικονομία της δικής μας μελέτης, στην οποία η δρομική οικονομία παρέμεινε αμετάβλητη στα 9 km.h^{-1} αλλά όταν η ένταση αυξήθηκε στα 11 km.h^{-1} , παρατηρήθηκε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση.

Εντελώς διαφορετικά ήταν τα αποτελέσματα των Godges et al., (1989). Στην ερευνητική τους προσπάθεια, παρατήρησαν βελτίωση της δρομικής οικονομίας των δοκιμαζομένων και στις 3 διαφορετικές υπομέγιστες ταχύτητες που τέθηκαν προς εξέταση. Σύμφωνα με τους ερευνητές, πιθανές εξηγήσεις για αυτά τα αποτελέσματα θεωρούνται η βελτίωση της ισορροπίας και του συντονισμού των κάτω άκρων και η μειωμένη αντίσταση που προέκυψε κατά την κίνηση των κάτω άκρων.

Η παραπάνω θέση αντιτίθεται στα αποτελέσματα της μελέτης μας, η οποία έδειξε την δρομική οικονομία είτε να παραμένει ανεπηρέαστη είτε να φθίνει μετά από την εφαρμογή στατικών διατάσεων, ανάλογα με την δρομική ένταση. Πάντως, η επίδραση των στατικών διατάσεων στην δρομική οικονομία – τουλάχιστον σε χαμηλές ταχύτητες – φαίνεται ότι δεν προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφορά.

Όσον αφορά την ευλυγισία, οι στατικές διατάσεις είναι κάτι παραπάνω από βέβαιο ότι βελτιώνουν προσωρινά την ευλυγισία των διατεινόμενων μελών. Η εξέταση της ευλυγισίας με seat&reach test έδειξε σημαντική βελτίωση σε αυτόν τον τομέα, καθώς οι δοκιμαζόμενοι πέτυχαν πολύ καλύτερες επιδόσεις όταν είχε προηγηθεί διατατικό πρωτόκολλο στατικών διατάσεων. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται από πολλές έρευνες οι οποίες συμπεριελάμβαναν στατικές διατάσεις και τη δοκιμασία seat & reach (Hayes and Walker, 2007, Wilson et al., 2010, Allison et al., 2008, Damasceno et al., 2014, Mojock et al., 2011, Godges et al., 1989). Σημαντικό είναι να γίνει αναφορά στο γεγονός ότι αρκετές έρευνες έχουν παρουσιάσει την αυξημένη ευλυγισία ως ένδειξη κακής δρομικής οικονομίας. Στην μελέτη των Arampatzis et al., (2006) τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι οι πιο οικονομικοί δοκιμαζόμενοι είχαν υψηλότερη μυοτενοντια σκληρότητα σε σχέση με τους λιγότερο οικονομικούς αθλητές και μάλιστα αυτή η διαφορά δεν είχε να κάνει με τις διαφορές τους στο μήκος και τη συχνότητα διασκελισμού. Επιπλέον, ο Jones (2002) εξέτασε τη σχέση της δρομικής οικονομίας - ευλυγισίας και παρουσίασε σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην δρομική οικονομία και τη δοκιμασία Seat & Reach. Συγκεκριμένα, όσο χειρότερη ήταν η επίδοση στην δοκιμασία του Seat & Reach, τόσο πιο μικρό ήταν και το ενεργειακό κόστος σε υπομέγιστες ταχύτητες τρεξίματος. Η δυνατότητα των αθλητών να παράξουν περισσότερη ελαστική ενέργεια κατά τον διασκελισμό τους και, ως εκ τούτου, να έχουν μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις έπαιξε σημαντικό ρόλο σε αυτήν την μεταβολή, ισχυρισμός τον οποίο συμμερίζονται οι Kubo et al., (2000). Υπάρχουν ακόμα αρκετές έρευνες πάνω στο συγκεκριμένο θέμα που επιβεβαιώνουν τα παραπάνω (Trehearn and Buresh, 2009; Gleim et al., 1990; Nelson et al., 2001). Οι θέσεις αυτές αιτιολογούν την αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων κατά τη δρομική διαδικασία μετά από στατικές διατάσεις. Ωστόσο, φαίνεται ότι οι στατικές διατάσεις μπορούν να επηρεάσουν την δρομική οικονομία είτε μονό στην αρχή της προσπάθειας, είτε στις πιο υψηλές ταχύτητες. Πάντως, φαίνεται πως απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να μπορέσουν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μας, φαίνεται ότι οι στατικές διατάσεις δεν μπορούν να επηρεάσουν την δρομική οικονομία σε χαμηλές δρομικές ταχύτητες. Σε υψηλότερες εντάσεις άσκησης οι ενεργειακές απαιτήσεις αυξάνονται εξαιτίας των διατάσεων και επομένως είναι πιο πιθανή μια μειωμένη επίδοση σε δρομικές προσπάθειες αντοχής.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας επηρεαστήκαν από το μικρό δείγμα που λήφθηκε για τη διεξαγωγή της έρευνας, την ανομοιομορφία όσον αφορά την φυσική κατάσταση, την πρότερη αθλητική εμπειρία και το φύλο (5 άνδρες και 2 γυναίκες).

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allison, S. J., Bailey, D. M., & Folland, J. P. (2008). Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function. *Journal of sports sciences*, 26(14), 1489-1495.
- Arampatzis, A., De Monte, G., Karamanidis, K., Morey-Klapsing, G., Stafilidis, S., & Brüggemann, G. P. (2006). Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. *Journal of experimental biology*, 209(17), 3345-3357.
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Strategies to improve running economy. *Sports medicine*, 45(1), 37-56.
- Cavanagh, P. R., & Kram, R. O. D. G. E. R. (1985). The efficiency of human movement--a statement of the problem. *Medicine and science in sports and exercise*, 17(3), 304-308.
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.
- Craib, M. W., Mitchell, V. A., Fields, K. B., Cooper, T. R., Hopewell, R. E. G. I. N. A., & Morgan, D. W. (1996). The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(6), 737-743.
- Curry, B. S., Chengkalath, D., Crouch, G. J., Romance, M., & Manns, P. J. (2009). Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1811-1819.
- Damasceno, M. V., Duarte, M., Pasqua, L. A., Lima-Silva, A. E., MacIntosh, B. R., & Bertuzzi, R. (2014). Static stretching alters neuromuscular function and pacing strategy, but not performance during a 3-km running time-trial. *PloS one*, 9(6), e99238.
- Daniels, J. (1974). Physiological characteristics of champion male athletes. *Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation*, 45(4), 342-348.
- Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, 17(3), 332-338.
- Durnin, J. V., & Womersley, J. V. G. A. (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(1), 77-97.

- Fletcher, J. R., Esau, S. P., & MacIntosh, B. R. (2010). Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *European journal of applied physiology*, 110(5), 1037-1046.
- Foster, C., & Lucia, A. (2007). Running economy. *Sports medicine*, 37(4), 316-319.
- Gleim, G. W., Stachenfeld, N. S., & Nicholas, J. A. (1990). The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *Journal of orthopaedic research*, 8(6), 814-823.
- Godges, J. J., MacRae, H., Longdon, C., Tinberg, C., & MacRae, P. (1989). The effects of two stretching procedures on hip range of motion and gait economy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 10(9), 350-357.
- Hayes, P. R., & Walker, A. (2007). Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. *Journal of strength and conditioning research*, 21(4), 1227.
- Janot, J. M., Dalleck, L. C., & Reymont, C. (2007). Pre-exercise stretching and performance: research offers insight into flexibility, function and the pros and cons of stretching prior to activity. *IDEA Fitness Journal*, 4(2), 44-52.
- Johansson, P. H., Lindström, L., Sundelin, G., & Lindström, B. (1999). The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 9(4), 219-225.
- Jones, A. M. (2002). Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. *International journal of sports medicine*, 23(01), 40-43.
- Kistler, B. M., Walsh, M. S., Horn, T. S., & Cox, R. H. (2010). The acute effects of static stretching on the sprint performance of collegiate men in the 60-and 100-m dash after a dynamic warm-up. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2280-2284.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2001). Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of applied physiology*, 90(2), 520-527.
- Lowery, R. P., Joy, J. M., Brown, L. E., de Souza, E. O., Wistocki, D. R., Davis, G. S., ... & Wilson, J. M. (2014). Effects of static stretching on 1-mile uphill run performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 161-167.
- Magnusson, P., & Renström, P. (2006). The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European journal of sport science*, 6(2), 87-91.

- Mojock, C. D., Kim, J. S., Eccles, D. W., & Panton, L. B. (2011). The effects of static stretching on running economy and endurance performance in female distance runners during treadmill running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2170-2176.
- Nelson, A. G., Kokkonen, J., Eldredge, C., Cornwell, A., & Glickman-Weiss, E. (2001). Chronic stretching and running economy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(5), 260-265.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports medicine*, 34(7), 465-485.
- Siatras, T., Papadopoulos, G., Mameletzi, D., Gerodimos, V., & Kellis, S. (2003). Static and dynamic acute stretching effect on gymnasts' speed in vaulting. *Pediatric Exercise Science*, 15(4), 383-391.
- Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(1), 12-17.
- Trehearn, T. L., & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 158-162.
- Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63(3), 1236-1245.
- Wilson, J. M., Hornbuckle, L. M., Kim, J. S., Ugrinowitsch, C., Lee, S. R., Zourdos, M. C., ... & Panton, L. B. (2010). Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2274-2279.
- Yessis, M. (2005). Runners need active stretching. *AMAA Journal*, 18(2), 8-11.
- Zimmer, A., Burandt, A., & Kent, C. (2007). The effects of acute stretching on running economy.