



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Συνεισφορά επιλεγμένων σωματομετρικών και φυσιολογικών
χαρακτηριστικών στην επίδοση σε ημιμαραθώνιο δρόμο»**

Παπαχρήστου Μαρία Μυρτώ

Επιβλέπων Καθηγητής: Ηλίας Ζαχαρόγιαννης

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2023

© Copyright

Παπαχρήστου Μαρία Μυρτώ

Σημείωμα Συγγραφέα

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

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ηλία Ζαχαρόγιαννη για την πολύτιμη βοήθεια του στην οργάνωση και συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας. Τους φίλους μου και την οικογένειά μου για την υποστήριξη τους, καθώς επίσης και όλους τους δοκιμαζόμενους που συμμετείχαν στην έρευνα μου διαθέτοντας τον προσωπικό τους χρόνο και πραγματοποιώντας την καλύτερη δυνατή τους προσπάθεια.

ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΣΕ ΗΜΙΜΑΡΑΘΩΝΙΟ ΔΡΟΜΟ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η συσχέτιση επιλεγμένων σωματομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών και υπαίθριας δοκιμασίας με την επίδοση σε ημιμαραθώνιο δρόμο. Στην έρευνα συμμετείχαν δεκατέσσερις αθλούμενοι (9 άνδρες και 5 γυναίκες), μέτριου επιπέδου φυσικής κατάστασης και ηλικίας 40 ± 9 ετών. Οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν στη δοκιμασία του παλίνδρομου τρεξίματος αντοχής (20m-SRT) κατά την οποία συλλέχθηκαν τα εξής δεδομένα: HR_{20reps} , Rep_{max} , και HR_{max} , VO_{2max} και vVO_{2max} . Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της τιμής της VO_{2max} και της επίδοσης ($r = -0.91$, $p < 0.01$) καθώς επίσης και της τιμής της vVO_{2max} και της επίδοσης ($r = -0.91$, $p < 0.01$). Μέτρια ήταν η συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού της καρδιακής συχνότητας των είκοσι επαναλήψεων $\%HR_{20reps}$ και του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων της δοκιμασίας Rep_{max} ($r = -0.76$, $p < 0.01$). Η vVO_{2max} μπορεί να προβλέψει την επίδοση στο δρόμο των 21km χρησιμοποιώντας την εξίσωση: $y = -447,16x + 12498$ όπου $x = vVO_{2max}$. Η αντίστοιχη εξίσωση από τον μέγιστο αριθμό επαναλήψεων της δοκιμασίας 20m-SRT (Rep_{max}) είναι: $y = -41,899 * x + 9416,9$ όπου $x = Rep_{max}$. Συμπερασματικά, μπορούμε με τη χρήση μιας απλής υπαίθριας δοκιμασίας όπως αυτής του παλίνδρομου τρεξίματος αντοχής, να προβλέψουμε την επίδοση σε δρόμο 21 χλμ. χρησιμοποιώντας τον Rep_{max} και τη vVO_{2max} που υπολογίζουμε από την δοκιμασία.

Λέξεις κλειδιά: Παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής, Ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, Ημιμαραθώνιος, Πρόβλεψη, Δοκιμασίες πεδίου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	σελ. i
Πίνακας Περιεχομένων	σελ.ii
Κατάλογος Σχημάτων	σελ. iv
Κατάλογος Πινάκων	σελ. iv
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών	σελ. v
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 1
1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος	σελ. 1
1.2 Σημασία της έρευνας	σελ. 2
1.3 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις	σελ. 2
1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας	σελ. 3
1.5 Διευκρίνηση όρων	σελ. 3
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ. 3
2.1 Σχέση φυσιολογικών χαρακτηριστικών και επίδοσης στους δρόμους μεγάλων αποστάσεων	σελ. 4
2.2 Σχέση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και επίδοσης στους δρόμους μεγάλων αποστάσεων	σελ. 5
2.3 Άμεσοι εργαστηριακοί και έμμεσοι ημερησιακοί μέθοδοι αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας	σελ. 7
2.4 Έμμεσοι υπαίθριοι μέθοδοι αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας	σελ. 9
2.5 Σημασία της έρευνας	σελ. 10
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ. 11
3.1 Συμμετέχοντες	σελ. 11
3.2 Μετρήσεις	σελ. 11
3.3 Διαδικασίες	σελ. 12
3.4 Αξιολόγηση φυσιολογικών παραμέτρων	σελ. 12
3.5 Συλλογή δεδομένων	σελ. 13

3.6 Στατιστική ανάλυση	σελ. 13
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ. 14
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 18
VI. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	σελ. 20
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	σελ. 21

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1:** Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων Rep_{max} στη δοκιμασία 20m – SRT με την επίδοση $Time_{-21km}$σελ. 16
- Σχήμα 2:** Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης νVO_2max με την επίδοση των 21kmσελ. 17
- Σχήμα 3:** Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης $\%HR_{-20reps}$ με τον αριθμό των μέγιστων επαναλήψεων Rep_{max} της δοκιμασίας 20m – SRT.....σελ. 17

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1:** Ατομικά σωματομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά και η επίδοση στα 21χλμ των δοκιμαζόμενωνσελ. 14
- Πίνακας 2:** Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των σωματομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων από την δοκιμασία 20m – SRT καθώς επίσης και της επίδοσης από τον αγώνα δρόμου 21χλμ.....σελ. 15
- Πίνακας 3:** Πίνακας αλληλοσυσχετίσεων σωματομετρικών χαρακτηριστικών και επίδοσης δρόμου 21χλμσελ. 15
- Πίνακας 4:** Πίνακας αλληλοσυσχετίσεων καρδιοαναπνευστικών παραμέτρων και επίδοσης δρόμου 21χλμσελ. 16

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΕΙΩΝ

$\dot{V}O_2\max$	Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου
$v\dot{V}O_2\max$	Ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου
Rep_{\max}	Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων
20m-SRT	Παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής
$\%HR_{-20\text{reps}}$	Ποσοστό μέγιστης καρδιακής συχνότητας στην 20 ^η επανάληψη
HR_{\max}	Μέγιστη καρδιακή συχνότητα
Time-21km	Χρόνος επίδοσης στον ημιμαραθώνιο δρόμο
RE	Δρομική οικονομία
CRF	Καρδιοαναπνευστική ικανότητα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Ο ημιμαραθώνιος δρόμος είναι ένα αγώνισμα το οποίο είναι ιδιαίτερα γνωστό σε δρομείς αναψυχής ενώ η συμμετοχή σε αυτόν ολοένα και αυξάνεται σε αθλητές μεγαλύτερης ηλικίας (Bonet et al., 2022). Οι ενήλικες δεν συμμετέχουν κυρίως σε αθλητικές δραστηριότητες με σκοπό τον υψηλό ανταγωνισμό αλλά κυρίως εξαιτίας του ότι η άθληση προσφέρει υγεία και ευχαρίστηση ενώ αποτελεί και μια μεταμοντέρνα μορφή κοινωνικής ζωής (Malchrowicz-Mosko et al., 2018).

Σημαντικό δείκτη υγείας και επίδοσης των αθλητών αποτελεί η καρδιοαναπνευστική ικανότητα (CRF) ή αερόβια ικανότητα ή μέγιστη αερόβια ισχύς (Armstrong, 2006) που είναι η ικανότητα του οργανισμού να δεσμεύει O_2 από την ατμόσφαιρα και να το μεταφέρει στους μυς για ενέργεια ώστε να μπορεί να υποστηρίξει μυϊκή δραστηριότητα κατά την άσκηση (Raghuveer et al., 2020). Η CRF εκφράζεται ως VO_{2max} ($mlO_2/kg/min$) ή ως μεταβολικό ισοδύναμο (MET; $1MET = 3.5 ml/kg/min$) ενώ η άμεση μέτρηση της γίνεται σε εργομετρικό εργαστήριο (Franklin et al., 2022). Χαμηλή CRF σχετίζεται με την μείωση της απόδοσης με την άνοδο της ηλικίας, ενώ βετεράνοι αθλητές αντοχής θεωρούνται ως το πρότυπο διατήρησης καλού επιπέδου υγείας, αφού καταφέρνουν να διατηρήσουν υψηλά την καρδιοαναπνευστική τους ικανότητα (Burtcher et al., 2022). Η χαμηλή CRF έχει ακόμα συσχετιστεί με πληθώρα καρδιακών προβλημάτων, όπως η στεφανιαία νόσος, αλλά και με μεγαλύτερη θνησιμότητα (Kodama et al., 2009).

Όταν η εξέταση σε ένα εργομετρικό εργαστήριο δεν είναι εφικτή, η παλίνδρομη δοκιμασία αντοχής (20m-SRT) αποτελεί μια αξιόπιστη εναλλακτική για την αξιολόγηση της CRF (Mayorga-Vega et al., 2015). Η δοκιμασία περιλαμβάνει παλίνδρομο τρέξιμο σε απόσταση 20m ενώ οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να βρίσκονται στις οριοθετημένες γραμμές ταυτόχρονα με το ηχητικό σήμα που μεταδίδεται από το ηχογραφημένο πρωτόκολλο. Η αρχική ταχύτητα ορίζεται στα 8,5 km/h ενώ αυξάνεται κατά 0,5 km/h κάθε λεπτό. Η προσπάθεια τερματίζεται είτε λόγω οικειοθελούς διακοπής της από τον δοκιμαζόμενο, λόγω εξάντλησης, είτε όταν ο δοκιμαζόμενος δεν καταφέρει να βρεθεί σε μια από τις δύο γραμμές της οριοθετημένης απόστασης για δύο συνεχόμενες φορές (Léger et al., 1988).

Ακόμα, οι Paradisis και συνεργάτες (2014) εξέτασαν την αξιοπιστία του 20m-SRT για την πρόβλεψη όχι μόνο της VO_{2max} αλλά και της vVO_{2max} . Στην έρευνα

συμμετείχαν 48 φοιτητές Φυσικής Αγωγής, καλής φυσικής κατάστασης, οι οποίοι υποβλήθηκαν σε μια εργαστηριακή δοκιμασία εύρεσης της VO_{2max} και vVO_{2max} και στο 20m-SRT. Τα αποτελέσματα της έρευνας αναφέρουν υψηλή συσχέτιση του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων στο παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής με την VO_{2max} ($r = 0.87$, $p < 0.05$) και vVO_{2max} ($r = 0.93$, $p < 0.05$). Πιο συγκεκριμένα, ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων στην παλίνδρομη δοκιμασία αντοχής εξηγεί το 86% της διαφοροποίησης της τιμής της vVO_{2max} ενώ η εξίσωση πρόβλεψης που προκύπτει είναι η εξής: $y = 0.0937x + 6.8903$, όπου $x =$ μέγιστος αριθμός επαναλήψεων. Το συγκεκριμένο εύρημα είναι αρκετά σημαντικό καθώς μέσα από το 20m-SRT πλέον υπάρχει και η δυνατότητα εκτίμησης της vVO_{2max} . Οι Di Prampero και συνεργάτες (1986) υποστηρίζουν ότι η vVO_{2max} αποτελεί τον ισχυρότερο παράγοντα πρόβλεψης της επίδοσης στους δρόμους αντοχής αφού περιλαμβάνει μέσα της και την VO_{2max} αλλά και την δρομική οικονομία.

Με βάση τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αξιοποίηση δοκιμασιών πεδίου, όπως αυτή του παλίνδρομου τρεξίματος αντοχής, για την καταγραφή δεδομένων, όπως η CRF των αθλητών, αλλά και η συσχέτιση των παραμέτρων της υπαίθριας δοκιμασίας με την επίδοση τους στον ημιμαραθώνιο δρόμο. Η προσβασιμότητα και εύκολη χρήση της δοκιμασίας από αθλητές και προπονητές μπορεί να αναδείξει περισσότερο τη χρήση των δοκιμασιών πεδίου αλλά και τη σημασία της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας ως ένας σημαντικός δείκτης υγείας για αθλητές και όχι μόνο.

1.2 Σημασία της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξεταστεί η σχέση μεταξύ επιλεγμένων ανθρωπομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών και της επίδοσης στον ημιμαραθώνιο δρόμο.

1.3 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Πρώτο ερευνητικό ερώτημα: Ποια είναι η σχέση που παρουσιάζουν ορισμένα ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά με την επίδοση σε ημιμαραθώνιο δρόμο; Μπορούμε μέσω αυτών των ανθρωπομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών να προβλέψουμε την επίδοση με τη χρήση μιας δοκιμασίας πεδίου όπως αυτής του παλίνδρομου τρεξίματος αντοχής (20m-SRT);

Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα: Είναι εφικτή η πρόβλεψη του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων (Rep_{max}) στην παλίνδρομη δοκιμασία αντοχής (20m-SRT) χρησιμοποιώντας το ποσοστό της καρδιακής συχνότητας που αντιστοιχεί στην 20^η επανάληψη ($\%HR_{-20reps}$);

Πρώτη ερευνητική υπόθεση: Η πρόβλεψη της επίδοσης σε ημιμαραθώνιο δρόμο είναι εφικτή με τη χρήση φυσιολογικών παραμέτρων που μπορούν να αντληθούν μέσω του 20m-SRT.

Δεύτερη ερευνητική υπόθεση: Η πρόβλεψη του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων στο παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής είναι εφικτή χρησιμοποιώντας το ποσοστό της καρδιακής συχνότητας που αντιστοιχεί στην 20^η επανάληψη.

1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν ερασιτέχνες αθλητές μέτριου επιπέδου φυσικής κατάστασης με μέσο όρο ηλικίας τα 40 έτη. Η δοκιμασία 20m-SRT απαιτεί τη μέγιστη προσπάθεια των δοκιμαζομένων. Προκειμένου να ελεγχθούν παράγοντες κόπωσης ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους η αποχή από έντονη και εξαντλητική άσκηση είκοσι τέσσερις ώρες πριν από τη δοκιμασία.

1.5 Διευκρίνιση όρων

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (VO_{2max}): Ο ανώτερος όγκος οξυγόνου που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια στη μονάδα του χρόνου. Η VO_{2max} εκφράζεται σε $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ή σε $L \cdot min^{-1}$.

Ταχύτητα στη Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (vVO_{2max}): Η ελάχιστη ταχύτητα που απαιτείται ώστε οι αθλητές να παρουσιάσουν τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.

Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα (HR_{max}): Ο μέγιστος αριθμός καρδιακών παλμών στη μονάδα του χρόνου. Η HR_{max} εκφράζεται σε παλμούς ανά λεπτό ($beats \cdot min^{-1}$).

Αερόβια ικανότητα: Η ικανότητα του οργανισμού να προσλαμβάνει και να μεταφέρει οξυγόνο στους μυς για την παραγωγή ενέργειας κατά την άσκηση.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Σχέση φυσιολογικών χαρακτηριστικών και επίδοσης στους δρόμους μεγάλων αποστάσεων

Τρεις είναι οι παράγοντες που αναφέρονται ως οι πιο σημαντικοί για τον προσδιορισμό της αντοχής των ατόμων. Η τιμή της VO_2max , το γαλακτικό κατώφλι και η δρομική οικονομία (Bassett et al., 2000). Οι Tanaka και συνεργάτες (2008) αναφέρουν πως η κορυφαία επίδοση στα αγωνίσματα αντοχής μπορεί να διατηρηθεί έως τα 35 έτη, ενώ στη συνέχεια παρατηρούνται μικρές πτώσεις της επίδοσης έως τα 50-60 έτη. Μετά τα 60 έτη παρατηρούνται όλο και μεγαλύτερες πτώσεις. Επίσης, γνωστή είναι και η πτώση της τιμής της VO_2max λόγω της ηλικίας κάτι που φαίνεται να οφείλεται τόσο σε κεντρικές όσο και περιφερικές προσαρμογές, κυρίως μειώσεις στην τιμή της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και του μυϊκού ιστού (Hawkins et al., 2003).

Η συνεισφορά παραγόντων όπως η VO_2max στην επίδοση στους δρόμους αντοχής έχει μελετηθεί εις βάθος. Πιο συγκεκριμένα, οι Costil και συνεργάτες (1973) αναφέρουν αρκετά υψηλή συσχέτιση της τιμής της VO_2max και της επίδοσης σε αγώνα 10 μιλίων ($r = -0.91$). Οι Davies και συνεργάτες (1979) κατέγραψαν υψηλή συσχέτιση της επίδοσης σε δρόμο 5 χλμ. και της τιμής της VO_2max ενώ η σχέση αυτή μειώθηκε ελάχιστα για τις αποστάσεις των 42.2 χλμ και των 84.4 χλμ παραμένοντας όμως στατιστικά σημαντική. Από την άλλη, οι Farrell και συνεργάτες (1979) αναφέρουν μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ της VO_2max και της επίδοσης όσο αυξάνεται η απόσταση. Υψηλή συσχέτιση παρατηρήθηκε στις παρακάτω αποστάσεις: στα 42.2 χλμ και τα 19.3 χλμ ($r = -0.91$), τα 15χλμ ($r = -0.89$), τα 9.7 χλμ ($r = -0.86$) και τα 3.2 χλμ ($r = -0.83$).

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας που φαίνεται να συσχετίζεται υψηλά με την επίδοση στους δρόμους αντοχής και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην πρόβλεψή της είναι η ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (Daniels et al., 1992). Οι Morgan και συνεργάτες (1989) μελέτησαν τη σχέση της vVO_2max με την επίδοση σε δρόμο 10 χλμ σε δέκα άνδρες αθλητές και η σχέση που παρατηρήθηκε ήταν αρκετά υψηλή ($r = -0.87$, $p < 0.01$). Στην έρευνα των Grant και των συνεργατών του (1997) η vVO_2max ήταν ένας από τους καλύτερους παράγοντες πρόβλεψης της επίδοσης των 3 χλμ ($r = 0.83$). Η ταχύτητα στο γαλακτικό κατώφλι εξήγησε το 87% της διαφοροποίησης της επίδοσης στα 3 χλμ και συσχετίστηκε πιο ψηλά από όλους τους παράγοντες ($r = 0.93$). Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται και στη μελέτη των Yoshida και συνεργατών (1993). Οι Roecker και συνεργάτες (1998) κατέγραψαν ότι η μέγιστη

ταχύτητα V_{max} που καταγράφεται κατά τη δοκιμασία σταδιακής αύξησης της ταχύτητας τρεξίματος σε διάδρομο μέχρι τελικής εξάντλησης συσχετίζεται αρκετά υψηλά με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο ($r = 0.89$, $p < 0.0001$). Τέλος, οι McLaughlin και οι συνεργάτες του (2010), αναφέρουν τη vVO_{2max} ως τον καλύτερο παράγοντα πρόβλεψης της επίδοσης σε αγώνα 16 χλμ. ($r = -0.97$), η οποία εξηγούσε κατά 94% τη διαφοροποίηση της επίδοσης των δοκιμαζόμενων. Η τιμή της VO_{2max} εξηγούσε το 81.3% ενώ το υπόλοιπο 10.7% της διαφοροποίησης της επίδοσης οφειλόταν στη δρομική οικονομία.

Αρκετές έρευνες υπογραμμίζουν τη σημασία της δρομικής οικονομίας και τη συσχέτιση της με την επίδοση στους δρόμους αντοχής. Η δρομική οικονομία αναφέρεται ως ο καλύτερος δείκτης πρόβλεψης σε αθλητές υψηλού επιπέδου (Saunders et al., 2004). Οι Conley και συνεργάτες (1980) μελέτησαν τη διαφοροποίηση της επίδοσης σε αγώνα 10 χλμ σε ομοιογενές δείγμα αθλητών υψηλού επιπέδου, που οι τιμές της VO_{2max} τους κυμαίνονταν μεταξύ 67 και 77 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η δρομική οικονομία ήταν ο παράγοντας που εξηγούσε το 65.4 % της διαφοροποίησης της επίδοσης των αθλητών, ενώ η συσχέτιση που βρέθηκε μεταξύ της VO_{2max} και της επίδοσης ήταν μικρή και στατιστικά μη σημαντική ($r = -0.12$, $p > 0.35$) λόγω της ομοιογένειας του δείγματος. Οι Weston και συνεργάτες (2000) κατέγραψαν ότι Αφρικανοί δρομείς με παρόμοιο χρόνο επίδοσης και χαρακτηριστικά με Καυκάσιους δρομείς, λίγο μικρότερη τιμή της VO_{2max} αλλά καλύτερη δρομική οικονομία ήταν σε θέση να καταγράψουν αντίστοιχες επιδόσεις σε αγώνα 10 χλμ με τους αθλητές με υψηλότερη τιμή της VO_{2max} , ενώ αντίστοιχα αποτελέσματα καταγράφουν και οι Lucia και συνεργάτες (2006).

2.2 Σχέση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και επίδοσης στους δρόμους μεγάλων αποστάσεων

Εκτός από τους φυσιολογικούς παράγοντες αρκετοί ανθρωπομετρικοί παράγοντες συσχετίζονται υψηλά με την επίδοση, όπως η σωματική μάζα, το σωματικό ύψος, ο δείκτης μάζας σώματος, το σωματικό λίπος, οι δερματοπτυχές από το άνω και κάτω μέρος του σώματος. Αυτά τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά συσχετίζονται σε διαφορετικό βαθμό με την επίδοση ανάλογα με τη δρομική απόσταση και το φύλο (Knechtle, et al., 2011). Αν και υπάρχουν αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές που υποστηρίζουν τη σχέση μεταξύ ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και της επίδοσης

σε αποστάσεις από 100m έως και τον μαραθώνιο, τα δεδομένα που αναφέρονται για τους αθλητές του ημιμαραθώνιου είναι λιγοστά (Ogueta-Alday et al., 2018).

Σκοπός της έρευνας των Rüst και των συνεργατών του (2011), ήταν η μελέτη της συσχέτισης ορισμένων ανθρωπομετρικών παραμέτρων και προπονητικών χαρακτηριστικών για την πρόβλεψη της επίδοσης σε ημιμαραθώνιο δρόμο σε άνδρες αθλητές ερασιτεχνικού επιπέδου. Στην έρευνα συμμετείχαν 84 άνδρες οι οποίοι έτρεξαν στον ημιμαραθώνιο της Βασιλείας. Πριν τον αγώνα μετρήθηκαν: το σωματικό βάρος, το ύψος, καθώς και το πάχος οκτώ δερματοπτυχών. Οι δερματοπτυχές που μετρήθηκαν ήταν από τον θώρακα, τον τρικέφαλο μυ, τη μασχάλη, τον υποπλάτιο μυ, τον κοιλιακό, τον πρόσθιο μηρό, τον γαστροκνήμιο και την υπερλαγώνια πτυχή. Τέλος, προπονητικά δεδομένα όπως, ο αριθμός των προπονήσεων, η διάρκεια και ο συνολικός όγκος ανά εβδομάδα, καθώς επίσης και η δρομική ταχύτητα κατά την προπόνηση, πάρθηκαν από τους δοκιμαζόμενους έως και τρεις μήνες πριν τον αγώνα. Η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη μάζας σώματος (kg/m^2) με την επίδοση ($r = 0.56$, $p < 0.002$), καθώς και της υπερλαγώνιας πτυχής ($r = 0.36$, $p < 0.002$) και του γαστροκνήμιου ($r = 0.53$, $p < 0.002$) με τον χρόνο επίδοσης. Όσον αφορά τις παραμέτρους της προπόνησης, η ταχύτητα τρεξίματος κατά τις προπονητικές μονάδες (km/h) συσχετίζεται σημαντικά με την επίδοση ($r = -0.54$, $p < 0.002$). Αντίστοιχα, οι Knechtle, και συνεργάτες (2011) μελέτησαν τη συσχέτιση ανθρωπομετρικών παραμέτρων και προπονητικών χαρακτηριστικών για την πρόβλεψη της επίδοσης σε ημιμαραθώνιο δρόμο σε γυναίκες αθλήτριες ερασιτεχνικού επιπέδου. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε σημαντική συσχέτιση μεταξύ όλων των δερματοπτυχών, εκτός από του μηρού, με τον χρόνο επίδοσης. Ενώ, από τα προπονητικά χαρακτηριστικά, η ταχύτητα τρεξίματος κατά τις προπονητικές μονάδες (km/h) συσχετίζεται σημαντικά με την επίδοση.

Σε μια παρόμοια έρευνα οι Friedrich και συνεργάτες (2014) μελέτησαν τις διαφορές στα ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά μεταξύ αθλητών και αθλητριών ημιμαραθώνιου δρόμου. Οι γυναίκες παρουσίασαν χαμηλότερο σωματικό βάρος, ύψος, δείκτη μάζας σώματος και ποσοστό σκελετικού μυ, ενώ είχαν υψηλότερο ποσοστό λίπους από τους άνδρες. Μεταξύ των δύο φύλων, δεν παρουσιάστηκαν διαφορές όσον αφορά τα προπονητικά χαρακτηριστικά. Για τις γυναίκες, το ποσοστό σωματικού λίπους και η ταχύτητα τρεξίματος κατά τις προπονητικές μονάδες συσχετίστηκαν υψηλά με τον χρόνο επίδοσης. Για τους άνδρες παρουσιάστηκε συσχέτιση με το ποσοστό σωματικού λίπους, την ταχύτητα τρεξίματος κατά τις προπονητικές μονάδες

και τον δείκτη μάζα σώματος, με τον χρόνο επίδοσης. Η ταχύτητα τρεξίματος κατά τις προπονητικές μονάδες συσχετίστηκε σημαντικά και αρνητικά με το ποσοστό λίπους και για τα δύο φύλα.

Οι Ogueta-Alday και συνεργάτες (2018) προσπάθησαν να μελετήσουν τις διαφορές που προκύπτουν στα ανθρωπομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά αθλητών ημιμαραθώνιου δρόμου με βάση το επίπεδό τους. Κατά τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν τα εξής δεδομένα: ο όγκος προπόνησης, η μάζα σώματος, ο δείκτης μάζας σώματος, ο μέσος όρος έξι δερματοπτυχών, η μέγιστη ταχύτητα, η VO_{2max} , η ταχύτητα στο κατώφλι αερισμού (VT) καθώς και η δρομική οικονομία, συσχετίζονται υψηλά με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο.

Συμπερασματικά, ανθρωπομετρικοί παράγοντες όπως ο δείκτης μάζας σώματος (Friedrich et al., 2014; Rüst et al., 2011; Ogueta-Alday et al., 2018) και το ποσοστό λίπους (Friedrich et al., 2014) συσχετίζονται υψηλά με την επίδοση σε άνδρες αθλητές στον ημιμαραθώνιο δρόμο. Αντίστοιχα, στις γυναίκες το άθροισμα των δερματοπτυχών από τον θώρακα, τον τρικέφαλο μυ, τη μασχάλη, τον υποπλάτιο μυ, τον κοιλιακό, τον γαστροκνήμιο και τον υπερλαγώνιο συσχετίζεται υψηλά με την επίδοση (Knechtle, et al., 2011). Καταληκτικά, η επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο συσχετίζεται υψηλά τόσο με τους ανθρωπομετρικούς και προπονητικούς παράγοντες που αναφέρθηκαν όσο και με φυσιολογικούς παράγοντες και κατ' επέκταση με το επίπεδο των αθλητών (Ogueta-Alday et al., 2018).

2.3 Άμεσοι εργαστηριακοί και έμμεσοι ημιεργαστηριακοί μέθοδοι αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Η καλύτερη μέθοδος μέτρησης της καρδιοαναπνευστικής αντοχής είναι μέσω της άμεσης μέτρησης σε εργομετρικό εργαστήριο (Blair et al., 2001). Μετρήσιμη ποσότητα της καρδιοαναπνευστικής αντοχής αποτελεί η VO_{2max} και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της (Carter et al., 2011). Η ακριβής μέτρηση της VO_{2max} γίνεται με τη χρήση ανοιχτού κυκλώματος εργοσπηρομέτρησης. Ο προσδιορισμός της κατανάλωσης O_2 κατά την περίοδο συλλογής του γίνεται μετρώντας τον όγκο του εκπνεόμενου αέρα και αναλύοντας τη σύστασή του σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα (Κλεισούρας, Γελαδάς & Κοσκολού, 2015). Λόγω του μεγάλου κόστους που απαιτείται, του επαγγελματικού εξοπλισμού και του επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού η χρήση αυτής της μεθόδου δεν είναι εύκολα εφαρμόσιμη σε μεγάλους πληθυσμούς (Castro-Piñero et al., 2010). Έμμεσοι ημιεργαστηριακοί μέθοδοι πρόβλεψης της VO_{2max}

αναπτύχθηκαν ώστε να καλύψουν αυτό το κενό. Τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα μέτρησης της VO_2max σε δαπεδοεργόμετρο είναι αυτά των Balke και συνεργατών (1959) και των Bruce και συνεργατών (1963).

Οι Pollock και συνεργάτες (1976) εξέτασαν τις διαφορές που μπορεί να προκύψουν στην εκτιμώμενη τιμή της VO_2max όταν αυτή μετρήθηκε με τέσσερα διαφορετικά πρωτόκολλα. Στην έρευνα συμμετείχαν 51 δοκιμαζόμενοι οι οποίοι κατατάχθηκαν σε δύο ομάδες, στην ομάδα των αθλούμενων ($N = 21$) και στην ομάδα των μη αθλούμενων ($N = 29$). Το πρώτο πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό των Balke και συνεργατών (1959) κατά το οποίο η ταχύτητα διατηρείται σταθερή (3.3 mph) αλλά αυξάνεται η κλίση του διαδρόμου κατά 1% κάθε λεπτό. Στο πρωτόκολλο των Bruce και συνεργατών (1963) η ταχύτητα και η κλίση του διαδρόμου αυξάνονται κάθε τρία λεπτά, ενώ στο πρωτόκολλο των Ellestad και συνεργατών (1969) η ταχύτητα αυξάνεται σταδιακά σε κάθε στάδιο μέχρι και το δέκατο λεπτό όπου γίνεται μια αύξηση στην κλίση του διαδρόμου κατά 5% η οποία ακολουθείται από αυξήσεις στην ταχύτητα. Τέλος, εφαρμόστηκε ένα προσαρμοσμένο πρωτόκολλο των Astrand και συνεργατών (1952) στο οποίο η ταχύτητα του διαδρόμου παραμένει σταθερή ενώ αυξάνεται η κλίση του κατά 2.5% κάθε δύο λεπτά μέχρι τελικής εξάντλησης. Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή της VO_2max μεταξύ των τεσσάρων πρωτοκόλλων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω δοκιμασίες δημιουργήθηκαν με σκοπό τη διάγνωση καρδιοπνευμονικών προβλημάτων και εφαρμόστηκαν κατά βάση στον γενικό πληθυσμό (Peric et al., 2017).

Οι Malek και συνεργάτες (2004) αναφέρουν ότι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες εξισώσεις πρόβλεψης ήταν ανακριβείς όταν εφαρμόστηκαν σε αθλητές και όχι στον γενικό πληθυσμό. Οι Petek και οι συνεργάτες του (2022) εξέτασαν την αξιοπιστία προηγούμενων εξισώσεων πρόβλεψης της VO_2max σε ένα δείγμα 272 αθλητών αντοχής και αναφέρουν ότι προηγούμενες εξισώσεις οι οποίες είχαν προκύψει από άτομα γενικού πληθυσμού και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες υποτιμούν την τιμή της VO_2max σε αθλητές αντοχής, ενώ οι εξισώσεις που έχουν προκύψει από αθλητές δεν κατάφεραν να εξηγήσουν τη διαφοροποίηση στην τιμή της VO_2max και την υπερεκτίμησαν στους νεότερους αθλητές. Από το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε οι ερευνητές δημιούργησαν τις δικές τους εξισώσεις πρόβλεψης για αθλητές αντοχής.

Αντίστοιχα, οι Wiecha και συνεργάτες (2023) εξέτασαν την αξιοπιστία προηγούμενων εξισώσεων πρόβλεψης σε ένα μεγαλύτερο δείγμα αθλητών αντοχής. Συγκεκριμένα, στην έρευνα συμμετείχαν 5.260 αθλητές αντοχής και αναφέρουν ότι οι

περισσότερες εξισώσεις καταγράφουν απλώς μέτρια ακρίβεια πρόβλεψης, ενώ ορισμένες υποτιμούν την τιμή της $\dot{V}O_2\max$ σε νέους και καλά γυμνασμένους αθλητές και υπερεκτιμούν την τιμή σε μεγαλύτερης ηλικίας αθλητές μέτριας φυσικής κατάστασης. Τέλος, επισημαίνουν την ανάγκη νέων εξισώσεων πρόβλεψης για αθλητές αντοχής, ενώ αναφέρουν ότι οι εξισώσεις των Petek και συνεργατών (2022) προέκυψαν από ένα σχετικά μικρό δείγμα.

2.4 Έμμεσοι υπαίθριοι μέθοδοι αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Η έμμεση υπαίθρια μέθοδος αξιολόγησης φυσιολογικών παραμέτρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος όταν η χρήση εργαστηριακών μεθόδων δεν είναι εφικτή (Κλεισούρας, Γελαδάς & Κοσκολού, 2015). Οι δοκιμασίες πεδίου μπορούν να εφαρμοστούν σε περισσότερα από ένα άτομα κάθε φορά εξοικονομώντας χρόνο, ενώ το κόστος τους είναι σχεδόν μηδενικό αφού ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε κάθε δοκιμασία είναι ελάχιστος (Tomkinson et al., 2019).

Για τον έλεγχο της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας χρησιμοποιούνται τριών ειδών δρομικές δοκιμασίες: δοκιμασίες προκαθορισμένης απόστασης, που η επίδοση εκφράζεται ως τον χρόνο που χρειάζεται ο δοκιμαζόμενος να διανύσει μια συγκεκριμένη απόσταση, δοκιμασίες προκαθορισμένης διάρκειας, που η επίδοση εκφράζεται ως την απόσταση που θα καλυφθεί σε έναν προκαθορισμένο χρόνο και τέλος δοκιμασίες παλίνδρομου τρεξίματος ή προκαθορισμένης ταχύτητας (Tomkinson et al., 2008). Η προσβασιμότητα αυτών των δοκιμασιών αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τους έναντι των άμεσων εργαστηριακών μεθόδων.

Το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής αποτελεί την πιο διαδεδομένη δοκιμασία πεδίου για την αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας σε παιδιά (Lang et al., 2018), ενώ αποτελεί και την πιο έγκυρη και αξιόπιστη δοκιμασία για αυτές τις ηλικίες (Castro-Piñero et al., 2010). Οι μετρήσεις μέσω του 20m-SRT αναφέρεται ότι δεν επηρεάζονται από τις περισσότερες επιφάνειες εδάφους κάτι που καθιστά τη δοκιμασία εύκολα εφαρμόσιμη, ενώ η δυνατότητα εξέτασης πολλών δοκιμαζόμενων ταυτόχρονα αποτελεί ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά της (Léger et al., 1982).

Αρκετοί ερευνητές έχουν μελετήσει την αξιοπιστία του για τη χρήση του σε παιδιά, εφήβους (Artero et al., 2011; Voss et al., 2009) αλλά και ενήλικες (Léger et al., 1982), ενώ έχουν γίνει και προσπάθειες για τη δημιουργία νέων αλγορίθμων που ενισχύουν την αποτελεσματικότητα του 20m-SRT (Flouris et al., 2005). Στη συστηματική έρευνα

των Batista και συνεργατών (2017) μελετήθηκαν 43 μελέτες με σκοπό την επαλήθευση της εγκυρότητας ορισμένων δοκιμασιών πεδίου για την αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας σε παιδιά και εφήβους. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το 20m-SRT είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη και καταλληλότερη δοκιμασία για την εκτίμηση της CRF σε αυτές τις ηλικίες, ενώ προτείνονται οι εξισώσεις των Barnett και συνεργατών (1993) για την εκτίμηση της. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δοκιμασία 1 mile με την εξίσωση των Cureton και συνεργατών (1995).

Οι Matsuzaka και συνεργάτες (2004) μελέτησαν την αξιοπιστία του 20m-SRT για την πρόβλεψη της CRF σε παιδιά, εφήβους και ενήλικες. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι το φύλο, ο δείκτης μάζας σώματος (BMI) και η επίδοση στην παλίνδρομη δοκιμασία αντοχής ήταν οι καλύτεροι παράγοντες πρόβλεψης της CRF στους ενήλικες, ενώ για τα παιδιά και τους εφήβους προστίθεται και η παράμετρος της ηλικίας στην εξίσωση πρόβλεψης. Το σωματικό βάρος και το ύψος δεν ήταν καλοί παράμετροι πρόβλεψης και για τις τρεις ηλικιακές κατηγορίες. Αντίστοιχες έρευνες για ενήλικες και μεσήλικες παρουσιάζουν την υψηλή εγκυρότητα και αξιοπιστία του 20m-SRT για όλες τις ηλικίες (Chung et al., 2023; Ritchie et al., 2005). Οι Mayorga-Vega και συνεργάτες (2015) αναφέρουν ότι για τους ενήλικες η επίδοσή τους στην δοκιμασία είναι αρκετή ώστε να προβλέψει την CRF, ενώ για τα παιδιά προτείνεται και η προσθήκη άλλων μεταβλητών στην εξίσωση πρόβλεψης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι πρέπει να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες εξισώσεις πρόβλεψης ανάλογα με τον πληθυσμό που συμμετέχει στην έρευνα για εγκυρότερα αποτελέσματα στην εκτίμηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας (Sproule et al., 1993).

2.5 Σημασία της έρευνας

Στην παρούσα έρευνα εξετάζεται η σχέση ορισμένων ανθρωπομετρικών και φυσιολογικών παραγόντων με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο. Η συλλογή των φυσιολογικών δεδομένων γίνεται μέσω υπαίθριας δοκιμασίας, το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής 20m-SRT με σκοπό τη μελέτη τέτοιων δοκιμασιών και τη συνεισφορά στην ευρύτερη χρήση τους. Δοκιμασίες όπως το 20m-SRT δεν απαιτούν ιδιαίτερο εξοπλισμό ενώ το κόστος είναι μηδενικό σε αντίθεση με ένα εργαστηριακό τεστ. Κάτι τέτοιο καθιστά τη δοκιμασία προσβάσιμη σε όλους. Η πρόβλεψη της επίδοσης στον ημιμαραθώνιο μέσω του 20m-SRT αποτελεί ακόμα έναν σκοπό της παρούσας έρευνας. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση των συμμετοχών σε αγώνες δρόμου

όπως ο ημιμαραθώνιος. Σκοπός λοιπόν, είναι η δημιουργία εργαλείων και εξισώσεων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από προπονητές για την καλύτερη καθοδήγηση των ασκούμενων τους.

Ως δευτερεύον ερώτημα διερευνάται η σχέση του ποσοστού της μέγιστης καρδιακής συχνότητας κατά την 20^η επανάληψη στο 20m-SRT και του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων. Η χρήση μιας υπομέγιστης δοκιμασίας για την εύρεση της μέγιστης προσπάθειας μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη. Λόγω της εξοικονόμησης χρόνου και της αποφυγής εξαντλητικής προσπάθειας η δοκιμασία θα μπορεί να εκτελεστεί κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής μονάδας ή και σε σύντομο χρονικό διάστημα από τη μια μέτρηση στην άλλη χωρίς να επιβαρύνεται ο αθλητής από μια εξαντλητική προσπάθεια. Ακόμα, μπορεί να επωφεληθούν άτομα με κακή φυσική κατάσταση ή κάποιο πρόβλημα υγείας το οποίο καθιστά αδύνατη τη συμμετοχή τους σε μια εξαντλητική και έντονη προσπάθεια για τη μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου τους και την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητάς τους.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 14 δοκιμαζόμενοι (άνδρες N=9 και γυναίκες N=5) ηλικίας 40 ± 9 ετών και μέτριας φυσικής κατάστασης. Οι συμμετέχοντες αθλούσαν συστηματικά τουλάχιστον έναν χρόνο πριν τη συμμετοχή τους στον αγώνα των 21χλμ, ενώ δήλωσαν ότι τουλάχιστον το τελευταίο ένα έτος αγωνίζονται σε αντίστοιχους αγώνες δρόμου αποστάσεων μεγαλύτερων των 5χλμ. Πριν τη συμμετοχή τους στη δοκιμασία, οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν πλήρως για τον σκοπό της έρευνας καθώς και για όλες τις διαδικασίες μέτρησης των σωματομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι δήλωσαν πως είχαν έγκυρη συμμετοχή στον ημιμαραθώνιο της Αθήνας και θα κοινοποιούσαν τον χρόνο επίδοσής τους μετά τη λήξη του αγώνα. Μετά την ενημέρωσή τους δήλωσαν και τη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή τους στην έρευνα και την αξιοποίηση των δεδομένων τους.

3.2 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε ανοιχτό γήπεδο μπάσκετ και ολοκληρώθηκαν μέσα σε διάστημα πέντε ημερών ενώ οι συμμετέχοντες κατανεμήθηκαν τυχαία σε

ομάδες των τριών ατόμων. Όλες οι μετρήσεις είχαν ολοκληρωθεί έως και έξι ημέρες πριν των αγώνα των 21χλμ. Οι δοκιμασία πραγματοποιήθηκε 9:30 π.μ. \pm 1h και η θερμοκρασία κυμάνθηκε στους $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ για όλες τις ημέρες. Για την οριοθέτηση του χώρου της δοκιμασίας χρησιμοποιήθηκε μετροταινία (Stanley 13mm x 30m) και κώνοι που σηματοδοτούσαν τις γραμμές των 20m που απαιτούνται για την πραγματοποίηση του 20m-SRT. Ο έλεγχος της καρδιακής συχνότητας έγινε μέσω της χρήση ζώνης καρδιακής συχνότητας (Polar T31) η οποία τοποθετήθηκε στο στήθος και ήταν συνδεδεμένη με αθλητικό ρολόι (Polar RS100). Για τη λήψη των σωματομετρικών στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν μέτρο (25mm x 5m) και ηλεκτρονική ζυγαριά για τη μέτρηση του ύψους και του σωματικού βάρους αντίστοιχα. Για την επίδοση των δοκιμαζόμενων στον αγώνα των 21χλμ χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την επίσημη ιστοσελίδα του ημιμαραθώνιου της Αθήνας. Σημειώνεται πως ως τελική επίδοση υπολογίστηκε ο καθαρός χρόνος κάθε δοκιμαζόμενου.

3.3 Διαδικασίες

Πριν την ημέρα της δοκιμασίας δόθηκαν σε όλους τους δοκιμαζόμενους οδηγίες προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Από τους δοκιμαζόμενους ζητήθηκε να απέχουν από οποιαδήποτε μορφή έντονης και εξαντλητικής δραστηριότητας για είκοσι τέσσερις ώρες πριν τη δοκιμασία. Για τη μέτρηση του σωματικού βάρους ζητήθηκε να έχει καταναλωθεί ελαφρύ γεύμα τουλάχιστον 2-3 ώρες πριν τη μέτρηση. Τέλος, υπήρξε σύσταση για ελαφριά και αθλητική ένδυση καθώς και για αθλητική υπόδηση. Οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν επίσης έντυπο με επεξηγήσεις και οδηγίες που αφορούσαν την παλίνδρομη δοκιμασία αντοχής στην οποία υποβλήθηκαν. Την ημέρα της δοκιμασίας έγινε πρώτα η μέτρηση του ύψους και του βάρους χωρίς παπούτσια. Ακολούθησε η προετοιμασία των δοκιμαζόμενων ελέγχοντας και τοποθετώντας τους τον κατάλληλο εξοπλισμό για τη μέτρηση της καρδιακής συχνότητας. Για την αποφυγή σφαλμάτων και την εξοικείωσή τους με το ηχητικό ερέθισμα όλοι οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν το πρώτο επίπεδο της δοκιμασίας. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας δόθηκαν 2-3 λεπτά ξεκούρασης.

3.4 Αξιολόγηση φυσιολογικών παραμέτρων

Η αξιολόγηση των φυσιολογικών παραμέτρων έγινε μέσω της δοκιμασίας του παλίνδρομου τρεξίματος αντοχής, 20m shuttle run test (20m-SRT). Η δοκιμασία περιλαμβάνει παλίνδρομο τρέξιμο σε απόσταση 20m ενώ οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να

βρίσκονται στις οριοθετημένες γραμμές ταυτόχρονα με το ηχητικό σήμα που μεταδίδεται από το ηχογραφημένο πρωτόκολλο. Η αρχική ταχύτητα ορίστηκε στα 8,5 km/h και αυξανόταν κατά 0,5 km/h ανά λεπτό. Η προσπάθεια τερματίζεται είτε λόγω οικειοθελούς διακοπής της από τον δοκιμαζόμενο, λόγω αδυναμίας συνέχισης, είτε όταν ο δοκιμαζόμενος δεν καταφέρει να βρεθεί σε μια από τις δύο γραμμές της οριοθετημένης απόστασης για δύο συνεχόμενες φορές (Léger et al., 1988). Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε σε ανοιχτό γήπεδο καλαθοσφαίρισης. Στη μέση της απόστασης των 20m είχε τοποθετηθεί ηχείο (Mi Portable BT Speaker 16W) μέσω του οποίου ακουγόταν το ηχογραφημένο πρωτόκολλο από την εφαρμογή Beep Test (έκδοση 4.17).

3.5 Συλλογή δεδομένων

Κατά τη διάρκεια της προσπάθειας συλλέχθηκαν τα εξής δεδομένα: Η καρδιακή συχνότητα στην 20^η επανάληψη ($HR_{-20\text{reps}}$), η μέγιστη καρδιακή συχνότητα με τη λήξη της προσπάθειας (HR_{max}) και ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων (Rep_{max}). Ως μια επανάληψη ορίζεται η ολοκλήρωση διάνυσης της απόστασης των 20m από τη μια γραμμή έως την άλλη παράλληλα με το ηχητικό ερέθισμα, συνεπώς στην 20^η επανάληψη οι δοκιμαζόμενοι είχαν διανύσει 400m. Σε κάθε μέτρηση ορίστηκαν δύο βοηθοί για την καλύτερη επίβλεψη της δοκιμασίας. Μέσω των εξισώσεων των Paradisis και των συνεργατών του (2014) υπολογίστηκαν επίσης οι τιμές της $VO_{2\text{max}}$ και $vVO_{2\text{max}}$ για κάθε δοκιμαζόμενο. Πριν τη δοκιμασία καταγράφηκε το σωματικό βάρος και το ύψος των δοκιμαζομένων. Η επίδοση τους στον αγώνα των 21χλμ, από την επίσημη ιστοσελίδα της διοργάνωσης, ήταν ο καθарός χρόνος. Ο καθарός χρόνος ξεκινά από τη στιγμή που οι αθλητές περνάνε τις ηλεκτρονικές κεραιές στη γραμμή εκκίνησης και σταματά μόλις περάσουν και τις αντίστοιχες κεραιές στον τερματισμό. Όλα τα ατομικά δεδομένα αναφέρονται στον Πίνακα 1.

3.6 Στατιστική ανάλυση

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν μέσω του προγράμματος SPSS 24. Χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική για τον υπολογισμό των μέσων τιμών και σταθερών αποκλίσεων. Για τη συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης r (Pearson correlation coefficient) καθώς και απλή ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 1: Ατομικά σωματομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά και η επίδοση στα 21χλμ των δοκιμαζόμενων

a/a	Ηλικία (έτη)	Ύψος (cm)	Σωματικό βάρος (kg)	Rep _{max}	VO ₂ max (ml/kg/min)	vVO ₂ max (km/h)	HR _{max} (b.p.m)	%HR- _{20reps}	Time- _{21km} (h:min:sec)
1	24	1,82	86,1	105	56,49	16,73	181	78,45	1:25:33
2	31	1,67	56,2	71	47,11	13,54	168	85,12	1:48:21
3	49	1,77	65,9	81	49,87	14,48	180	88,89	1:39:45
4	46	1,75	92,5	64	45,17	12,89	172	91,28	1:52:28
5	46	1,70	53,5	46	40,2	11,2	166	95,78	2:02:52
6	43	1,74	78,3	61	44,35	12,61	195	88,21	1:56:46
7	48	1,74	73,3	79	49,32	14,29	169	85,21	1:55:16
8	40	1,80	83,7	94	53,46	15,7	187	87,70	1:29:15
9	35	1,56	50,8	64	45,17	12,89	195	92,82	1:44:14
10	62	1,64	44,6	30	35,79	9,7	162	98,77	2:20:01
11	37	1,80	83,3	70	46,83	13,45	170	93,53	1:42:10
12	34	1,72	84,2	52	41,86	11,76	195	85,64	2:09:02
13	38	1,63	54,9	75	48,21	13,92	179	90,50	1:39:51
14	33	1,84	88,5	54	42,41	11,95	177	96,05	1:51:07

Οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις (SD) των σωματομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων των δοκιμαζόμενων καθώς και της επίδοσης στον αγώνα δρόμου των 21χλμ αναγράφονται στον Πίνακα 2

Ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων της δοκιμασίας (Rep_{max}) και ο χρόνος επίδοσης στον αγώνα των 21χλμ (Time-_{21km}) παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση ($r = -0.91$, $p < 0.01$; Πίνακας 4). Αντίστοιχα, υψηλή συσχέτιση παρουσιάζει η VO₂max με τον χρόνο επίδοσης Time-_{21km} ($r = -0.91$, $p < 0.01$; Πίνακας 4), αλλά και η vVO₂max με τον χρόνο επίδοσης Time-_{21km} ($r = -0.91$, $p < 0.01$; Πίνακας 4).

Μέτρια αλλά στατιστικά σημαντική συσχέτιση βρέθηκε ανάμεσα στο %HR-_{20reps} και του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων της δοκιμασίας 20m – SRT, Rep_{max} ($r = -0.76$, $p < 0.01$; Πίνακας 4). Χαμηλή αλλά στατιστικά σημαντική συσχέτιση σημειώνεται ακόμα μεταξύ του %HR-_{20reps} και της επίδοσης στον ημιμαραθώνιο αγώνα, Time -_{21km} ($r = 0.50$, $p < 0.05$; Πίνακας 4)

Η υψηλή συσχέτιση της vVO₂max ($R^2 = 0.83$, $p < 0.01$; Σχήμα 2) με την επίδοση σημαίνει ότι η συγκεκριμένη παράμετρος εξηγεί το 83% της διαφοροποίησης της επίδοσης στον αγώνα των 21χλμ. Ίδιο υψηλό R² παρουσιάζουν και ο Rep_{max} καθώς και η VO₂max. Επίσης, φαίνεται ότι για το 34% της επίδοσης ευθύνεται η ηλικία ($R^2 =$

0.34, $r = 0.59$, $p < 0.05$; Πίνακας 3) ενώ τέλος, το 25% της επίδοσης μπορεί να εξηγηθεί από το %HR-20reps ($R^2 = 0.25$, $r = 0.50$, $p < 0.05$; Πίνακας 4)

Η εξίσωση πρόβλεψης της επίδοσης των 21χλμ (Time -21km) από τον μέγιστο αριθμό επαναλήψεων της δοκιμασίας 20m-SRT (Rep_{max}) είναι $y = -41,899 * x + 9416,9$ όπου $x = \text{Rep}_{\text{max}}$ (Σχήμα 1). Με βάση την υπολογισμένη $v\text{VO}_2\text{max}$ από την έρευνα των Paradisis και συνεργατών (2014), προκύπτει η εξής συνάρτηση πρόβλεψης της επίδοσης Time -21km: $y = -447,16 * x + 12498$, όπου $x = v\text{VO}_2\text{max}$ (Σχήμα 2).

Η εξίσωση πρόβλεψης που προκύπτει από το %HR-20reps με τον μέγιστο αριθμό επαναλήψεων της δοκιμασίας 20m-SRT, Rep_{max} είναι $y = -2,7487 * x + 314,55$ όπου $x = \% \text{HR-}20\text{reps}$ (Σχήμα 3).

Πίνακας 2: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των σωματομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων από την δοκιμασία 20m – SRT καθώς επίσης και της επίδοσης από τον αγώνα δρόμου 21χλμ

N=14		
	Μέση τιμή	SD
HR – 20reps (b.p.m)	160	±11
Rep_{max}	68	±19
HR_{max} (b.p.m)	178	±11
Ύψος (cm)	1,73	±0,8
Σωματικό Βάρος (kg)	71,13	±16,31
Ηλικία (έτη)	40	±9
VO₂max (ml/kg/min)	46,16	±5,34
vVO₂max (km/h)	13,22	±1,81
%HR- 20reps	89,85	±5,39
Time – 21km (sec)	6585,79	±887,24

Πίνακας 3: Πίνακας αλληλοσυσχετίσεων σωματομετρικών χαρακτηριστικών και επίδοσης δρόμου 21χλμ

N =14		Ύψος (cm)	Σωματικό βάρος (kg)	Ηλικία (έτη)
Time-21km (sec)	Pearson Correlation	-,357	-,320	,593*
	Sig.	,105	,132	,013

***. Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).*

**. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).*

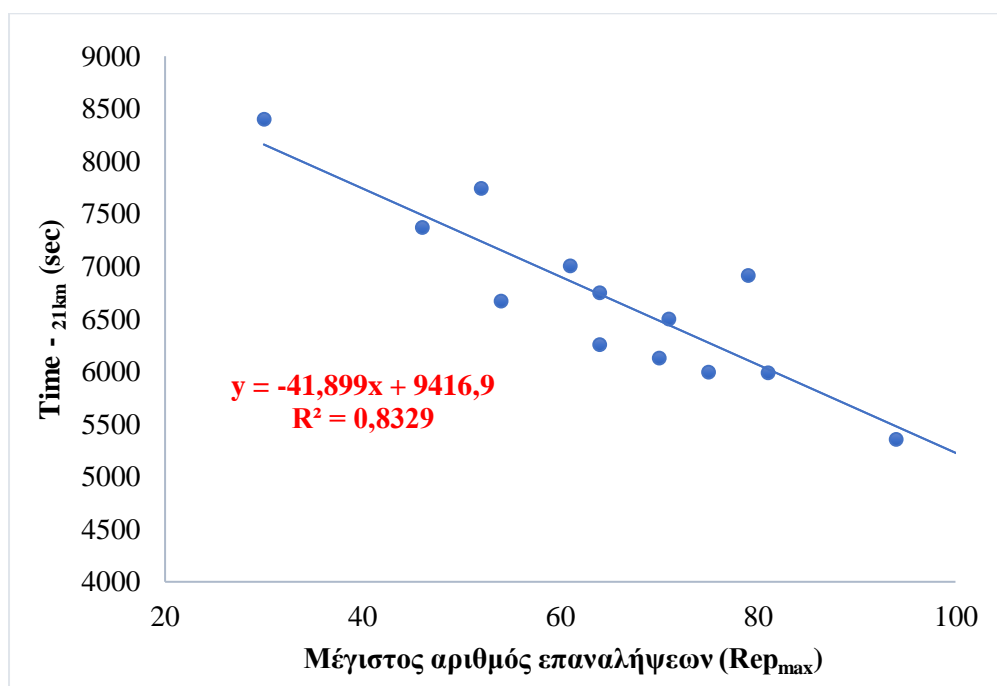
Πίνακας 4: Πίνακας αλληλοσχετίσεων καρδιοαναπνευστικών παραμέτρων και επίδοσης δρόμου 21χλμ

N =14		HR-20reps (b.p.m)	HR _{max} (b.p.m)	%HR- 20reps	Rep _{max}	VO ₂ max (ml/kg/min)	vVO ₂ max (km/h)
Time-21km (sec)	Pearson Correlation	,173	-,263	,509*	-,913**	-,913**	-,913**
	Sig.	,277	,182	,032	,000	,000	,000
%HR-20reps	Pearson Correlation	,527*	-,346	1	-,767**	-,767**	-,766**
	Sig.	,026	,113		,001	,001	,001

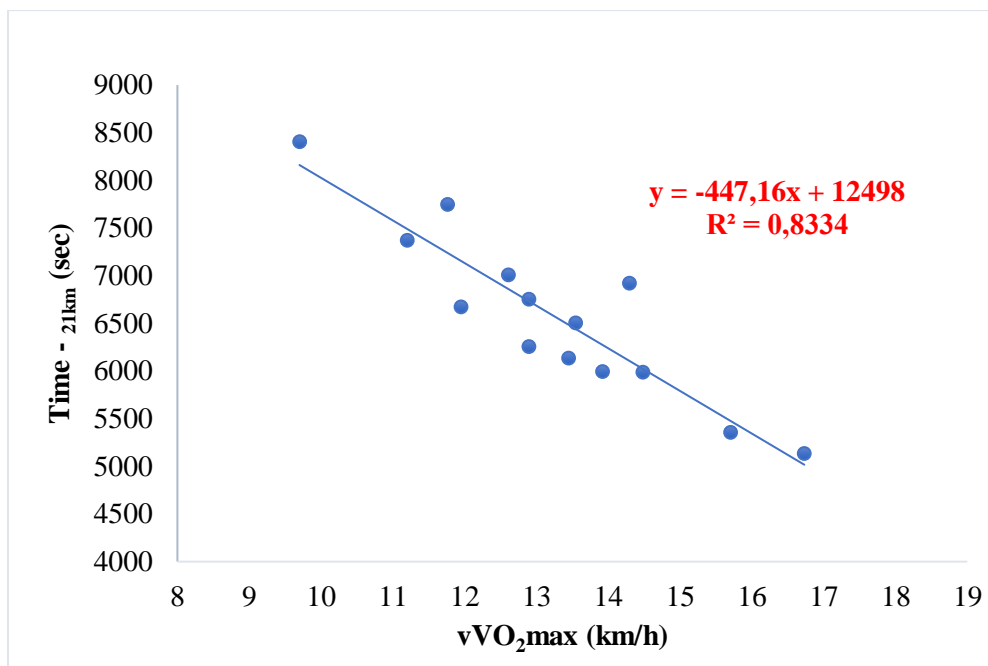
***. Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed)*

**. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).*

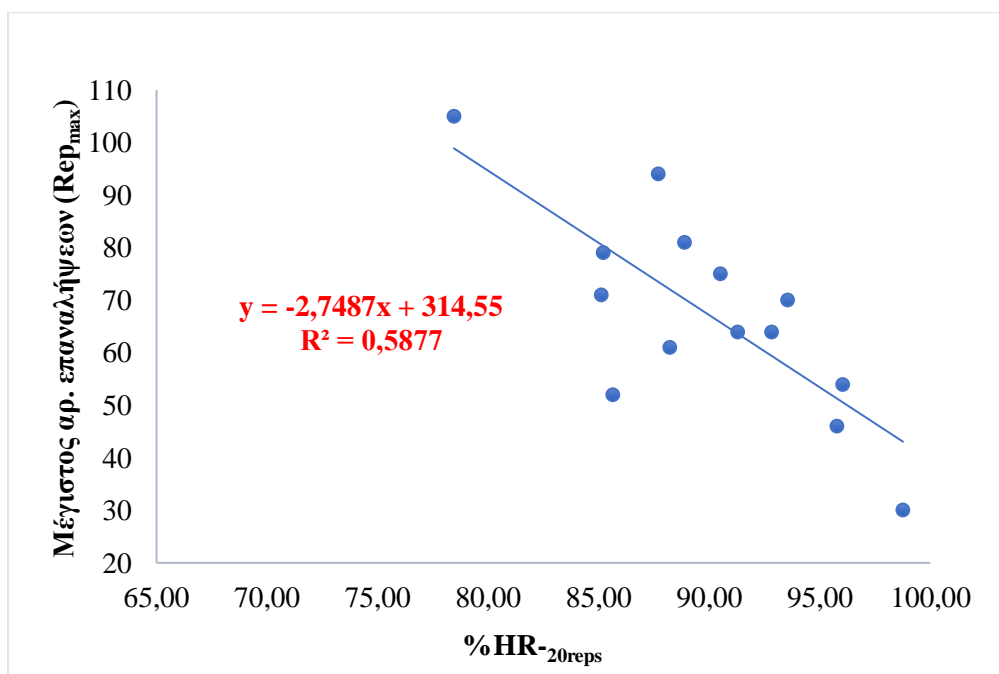
Σχήμα 1: Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων Rep_{max} στη δοκιμασία 20m – SRT με την επίδοση Time-21km



Σχήμα 2: Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης $v\dot{V}O_2\max$ με την επίδοση των 21km.



Σχήμα 3: Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης $\%HR_{-20\text{reps}}$ με τον αριθμό των μέγιστων επαναλήψεων Rep_{\max} της δοκιμασίας 20m – SRT.



ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκε η σχέση επιλεγμένων ανθρωπομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων με την επίδοση σε ημιμαραθώνιο δρόμο. Ως δευτερεύον ερώτημα μελετήθηκε και η πρόβλεψη του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων στο 20m-SRT μέσω υπομέγιστης προσπάθειας. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το ποσοστό της καρδιακής συχνότητας της 20^{ης} επανάληψης %HR-20reps με σκοπό την πρόβλεψη της μέγιστης προσπάθειας στο 20m-SRT. Τα σημαντικότερα ευρήματα της έρευνας αποτελούν η υψηλή σχέση που παρουσιάζεται μεταξύ της vVO_{2max} , του Rep_{max} και της VO_{2max} με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο και τη δυνατότητα πρόβλεψης της επίδοσης χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα.

Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν φαίνεται να συσχετίζονται χαμηλά ή και καθόλου με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο. Χαμηλή συσχέτιση με το ύψος και την επίδοση σε ημιμαραθώνιο δρόμο έχει παρατηρηθεί και σε άλλες μελέτες (Campbell, 1985; Friedrich et al., 2014). Η μάζα σώματος επίσης έχει αναφερθεί ότι παρουσιάζει χαμηλή συσχέτιση με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο (Alvero-Cruz et al., 2019; Friedrich et al., 2014). Η μόνη στατιστικά σημαντική σχέση που προκύπτει είναι η θετική σχέση της ηλικίας και του χρόνου επίδοσης κάτι που επιβεβαιώνεται από αρκετές έρευνες στη βιβλιογραφία (Connick et al., 2015; Lara et al., 2014; Leyk et al., 2007).

Η υψηλή συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ της vVO_{2max} , της VO_{2max} και της επίδοσης στον ημιμαραθώνιο συμφωνεί με τα ευρήματα των Alvero-Cruz και των συνεργατών του (2019), όπου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα αθλητών από την υπαίθρια δοκιμασία, Cooper, και μετρήσεων σε εργαστήριο, με σκοπό τη σύγκριση των δύο για την πρόβλεψη της επίδοσης σε ημιμαραθώνιο δρόμο. Στην έρευνα συμμετείχαν 23 ερασιτέχνες άνδρες αθλητές ηλικίας 41 ± 7.6 ετών, οι οποίοι υποβλήθηκαν σε δύο διαφορετικές δοκιμασίες. Αρχικά στην εργαστηριακή μέτρηση, ένα μήνα πριν τον αγώνα, κατά την οποία συλλέχθηκαν δεδομένα όπως η vVO_{2max} και η VO_{2max} και ύστερα στην δοκιμασία Cooper, η οποία πραγματοποιήθηκε μια εβδομάδα πριν τον αγώνα. Κατά την δοκιμασία Cooper καταγράφηκαν τα εξής δεδομένα: η συνολική απόσταση που καλύφθηκε, η μέγιστη καρδιακή συχνότητα και ο υποκειμενικός δείκτης κόπωσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόσταση που διένυσαν οι δοκιμαζόμενοι στην δοκιμασία Cooper συσχετίστηκε αρκετά υψηλά με την επίδοση τους στον ημιμαραθώνιο δρόμο ($r = -0.93$, $p < 0.001$). Από την εργαστηριακή μέτρηση προέκυψε

υψηλή συσχέτιση της $vVO_2\max$ ($r = -0.85$, $p < 0.001$) και της $VO_2\max$ ($r = 0.65$, $p < 0.05$) με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο. Τέλος, αναφέρεται ότι η απόσταση που διανύθηκε στο Cooper test ήταν ο καλύτερος παράγοντας πρόβλεψης της επίδοσης στον ημιμαραθώνιο δρόμο. Οι Williams και συνεργάτες (1983) μελέτησαν τη συσχέτιση ορισμένων φυσιολογικών παραμέτρων με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο και αναφέρουν υψηλή συσχέτιση της $VO_2\max$ και της επίδοσης ($r = -0.81$, $p < 0.01$), αλλά και της ταχύτητας στο αναερόβιο κατώφλι με την επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο ($r = 0.87$, $p < 0.01$). Αντίστοιχα, οι Santos και συνεργάτες (2012) μελέτησαν τη συσχέτιση φυσιολογικών παραμέτρων με την επίδοση σε αρκετές αποστάσεις, μεταξύ άλλων και με τον ημιμαραθώνιο δρόμο. Η επίδοση στον ημιμαραθώνιο δρόμο συσχετίστηκε υψηλά με την $vVO_2\max$ ($r = -0.92$, $p < 0.001$) και με την $VO_2\max$ ($r = -0.96$, $p < 0.001$).

Μετά από εκτενή μελέτη της βιβλιογραφίας δε βρέθηκε έρευνα που να χρησιμοποιεί το 20m-SRT για την πρόβλεψη της επίδοσης στον ημιμαραθώνιο δρόμο. Πολλές έρευνες ωστόσο, επιβεβαιώνουν την αξιοπιστία της δοκιμασίας (Mayorga-Vega et al., 2015) αλλά και τη συνεισφορά της ως ένα εργαλείο αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής αντοχής (Léger et al., 1988; Van Mechelen et al., 1986). Ορισμένοι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο τεστ για τη συσχέτιση δεδομένων με την επίδοση στα 5 χλμ (Ramsbottom et al., 1988) και 10 χλμ (Paliczka et al., 1987). Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα των Ramsbottom και συνεργατών (1988), αναφέρεται πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων στο 20m-SRT ($r = -0.96$, $p < 0.01$) και της τιμής της $VO_2\max$ ($r = -0.94$, $p < 0.01$) με την επίδοση στα 5χλμ. Αντίστοιχα, οι Paliczka και συνεργάτες (1987) αναφέρουν υψηλή συσχέτιση του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων στο 20m-SRT και της επίδοσης στα 10χλμ ($r = -0.93$, $p < 0.01$), καθώς επίσης και της τιμής της $VO_2\max$ με τον χρόνο επίδοσης ($r = -0.95$, $p < 0.01$).

Στην έρευνα μας το %HR κατά την 20^η επανάληψη του 20m-SRT δε συσχετίζεται αρκετά υψηλά με τον αριθμό επαναλήψεων της δοκιμασίας ($r = -0.76$, $p < 0.01$). Το %HR αναφέρεται ότι μπορεί να εξηγήσει μόλις το 58% της διαφοροποίησης της επίδοσης. Η σχέση του %HR με την $vVO_2\max$ έχει επίσης μελετηθεί και από άλλες ερευνητικές ομάδες. Οι Costil και συνεργάτες (1973) παρατήρησαν ότι η ταχύτητα των 16 km/h (268 m/min) συσχετίστηκε υψηλά με το %HR των δοκιμαζόμενων αλλά και με την επίδοσης τους στον αγώνα των 16 χλμ ($r = 0.98$). Ακόμα, οι Paradisis και συνεργάτες (2016) μελέτησαν τη συσχέτιση μεταξύ του %HR σε υπομέγιστες

ταχύτητες των 10,11 και 12 km/h με την VO_{2max} , την VO_{2max} και το αναπνευστικό κατώφλι των αθλητών. Η υψηλότερη συσχέτιση που προέκυψε ήταν αυτή μεταξύ του %HR και της υπομέγιστης ταχύτητας των 12 km/h ($r = -0.91$, $p < 0.01$).

Συμπερασματικά, μέσω μιας δοκιμασίας πεδίου όπως το 20m-SRT οι προπονητές αλλά και οι αθλούμενοι μπορούν να αντλήσουν σημαντικά δεδομένα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της φυσικής τους κατάστασης και υγείας. Η χρήση της δοκιμασίας μπορεί να γίνει σε διάφορες προπονητικές φάσεις χωρίς καμία χρηματική επιβάρυνση, ενώ ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι λιγιστός κάτι που καθιστά την εφαρμογή του αρκετά εύκολη. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν και για έναν καλύτερο προγραμματισμό της προπόνησης των αθλητών με βάση τις φυσιολογικές παραμέτρους που θα καταγραφθούν. Τέλος, μέσω εξισώσεων όπως αυτές που παρουσιάζονται στην παρούσα έρευνα μπορούμε να προβλέψουμε την επίδοση του αθλητή. Επομένως, η χρήση δοκιμασιών πεδίου όπως αυτή του 20m-SRT κρίνεται απαραίτητη κατά την προπονητική διαδικασία.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε μελλοντικές έρευνες προτείνεται η εξέταση περαιτέρω ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών όπως το ποσοστό λίπους των αθλητών, ενώ επίσης και η μελέτη προπονητικών χαρακτηριστικών όπως ο μέσος προπονητικός ρυθμός και ο εβδομαδιαίος όγκος προπόνησης που φαίνονται να συσχετίζονται με την επίδοση.

Ακόμα, προτείνεται η επιλογή διαφορετικού υπομέγιστου σταδίου κατά το 20m-SRT για την πρόβλεψη της μέγιστης επίδοσης στην δοκιμασία καθώς η συσχέτιση που βρέθηκε με το %HR_{-20reps} ήταν μέτρια.

Τέλος, ερευνητική πρόταση αποτελεί και η χρήση δοκιμασίας στο εργαστήριο για την αξιολόγηση των αθλητών και η σύγκριση του με την παραπάνω διαδικασία που περιγράφηκε με το παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής για την πρόβλεψη της επίδοσης σε αθλητές ημιμαραθώνιου.

BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

1. Alvero-Cruz, J. R., Carnero, E. A., Giráldez García, M. A., Alacid, F., Rosemann, T., Nikolaidis, P. T., & Knechtle, B. (2019). Cooper Test Provides Better Half-Marathon Performance Prediction in Recreational Runners Than Laboratory Tests. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01349>
2. Armstrong N. (2006). Aerobic fitness of children and adolescents. *Jornal de pediatria*, 82(6), 406–408. <https://doi.org/10.2223/JPED.1571>
3. Artero, E. G., España-Romero, V., Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Suni, J., Castillo-Garzon, M. J., & Ruiz, J. R. (2011). Reliability of field-based fitness tests in youth. *International journal of sports medicine*, 32(3), 159–169. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268488>
4. Astrand, P. (1952) Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen.
Available at: <https://digitalcommons.wku.edu/ijesab/vol5/iss2/40>
5. Balke, B., & Ware, R. W. (1959). An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *United States Armed Forces medical journal*, 10(6), 675–688.
6. Barnett, A., Chan, L. Y., & Bruce, L. C. (1993). A Preliminary Study of the 20-m Multistage Shuttle Run as a Predictor of Peak VO₂ in Hong Kong Chinese Students. *Pediatric Exercise Science*, 5(1), 42-50. Retrieved Aug 6, 2023, from <https://doi.org/10.1123/pes.5.1.42>
7. Bassett, D. R., Jr, & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
8. Batista, M. B., Romanzini, C. L. P., Castro-Piñero, J., & Vaz Ronque, E. R. (2017). Validity of field tests to estimate cardiorespiratory fitness in children and adolescents: A systematic review. In *Revista Paulista de Pediatria* (Vol. 35, Issue 2, pp. 222–233). Sao Paulo Pediatric Society. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2017;35;2;00002>
9. Blair, S. N., Cheng, Y., & Holder, J. S. (2001). Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6 Suppl), S379–S420. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00007>
10. Bonet, J. B., Javierre, C., Guimarães, J. T., Martins, S., Rizo-Roca, D., Belez, J., Viscor, G., Pagès, T., Magalhães, J., & Torrella, J. R. (2022). Benefits on Hematological and Biochemical Parameters of a High-Intensity Interval Training Program for a Half-Marathon in Recreational Middle-Aged Women Runners. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 498. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010498>
11. BRUCE, R. A., BLACKMON, J. R., JONES, J. W., & STRAIT, G. (1963). EXERCISING TESTING IN ADULT NORMAL SUBJECTS AND CARDIAC PATIENTS. *Pediatrics*, 32, 742–756.

12. Burtscher, J., Strasser, B., Burtscher, M., & Millet, G. P. (2022). The Impact of Training on the Loss of Cardiorespiratory Fitness in Aging Masters Endurance Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 19(17), 11050. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711050>
13. Campbell M. J. (1985). Predicting running speed from a simple questionnaire. *British journal of sports medicine*, 19(3), 142–144. <https://doi.org/10.1136/bjism.19.3.142>
14. Carter, Jeremy G.; Brooks, Kelly A.; and Sparks, Joshua R. (2011) "Comparison of the YMCA Cycle Sub-Maximal VO2 Max Test to a Treadmill VO2 Max Test," *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings: Vol. 5: Iss. 2, Article 40.*
15. Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjörström, M., Suni, J., & Ruiz, J. R. (2010). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *British journal of sports medicine*, 44(13), 934–943. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.058321>
16. Chung, J. W., Lee, O., & Lee, K. H. (2023). Estimation of maximal oxygen consumption using the 20 m shuttle run test in Korean adults aged 19-64 years. *Science and Sports*, 38(1), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.10.005>
17. Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 12(5), 357–360.
18. Connick, M. J., Beckman, E. M., & Tweedy, S. M. (2015). Relative Age Affects Marathon Performance in Male and Female Athletes. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 669–674.
19. Costill, D. L., Thomason, H., & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and science in sports*, 5(4), 248–252.
20. Cureton, K. J., Sloniger, M. A., O'Bannon, J. P., Black, D. M., & McCormack, W. P. (1995). A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(3), 445–451.
21. Daniels, J., & Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(4), 483–489.
22. Davies CT, Thompson MW. Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1979 Aug;41(4):233-45. doi: 10.1007/BF00429740. PMID: 499187.
23. Di Prampero, P. E., Atchou, G., Brückner, J. C., & Moia, C. (1986). The energetics of endurance running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 55(3), 259–266. <https://doi.org/10.1007/BF02343797>
24. Ellestad, M. H., Allen, W., Wan, M. C., & Kemp, G. L. (1969). Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation*, 39(4), 517–522. <https://doi.org/10.1161/01.cir.39.4.517>
25. Farrell, P. A., Wilmore, J. H., Coyle, E. F., Billing, J. E., & Costill, D. L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and science in sports*, 11(4), 338–344.

26. Flouris, A. D., Metsios, G. S., & Koutedakis, Y. (2005). Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 166–170. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.012500>
27. Franklin, B. A., Eijssvogels, T. M. H., Pandey, A., Quindry, J., & Toth, P. P. (2022). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health: A clinical practice statement of the ASPC Part I: Bioenergetics, contemporary physical activity recommendations, benefits, risks, extreme exercise regimens, potential maladaptations. *American journal of preventive cardiology*, 12, 100424. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2022.100424>
28. Friedrich, M., Rüst, C. A., Rosemann, T., Knechtle, P., Barandun, U., Lepers, R., & Knechtle, B. (2014). A Comparison of Anthropometric and Training Characteristics between Female and Male Half-Marathoners and the Relationship to Race Time. *Asian journal of sports medicine*, 5(1), 10–20. <https://doi.org/10.5812/asjism.34175>
29. Grant, S., Craig, I., Wilson, J., & Aitchison, T. (1997). The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *Journal of Sports Sciences*, 15(4), 403–410. <https://doi.org/10.1080/026404197367191>
30. Hawkins, S., & Wiswell, R. (2003). Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(12), 877–888. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00002>
31. Κλεισούρας, Β., Γελαδάς, Ν., & Κοσκολού, Μ. (2015). ΕΡΓΟΜΕΤΡΙΑ. Αθήνα: Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.
32. Κλεισούρας, Β. (2011). ΕΡΓΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ. Αθήνα: Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.
33. Knechtle, B., Knechtle, P., Barandun, U., Rosemann, T., & Lepers, R. (2011). Predictor variables for half marathon race time in recreational female runners. *Clinics*, 66(2), 287–291. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322011000200018>
34. Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
35. Lang, J. J., Tremblay, M. S., Léger, L., Olds, T., & Tomkinson, G. R. (2018). International variability in 20 m shuttle run performance in children and youth: Who are the fittest from a 50-country comparison? A systematic literature review with pooling of aggregate results. *British Journal of Sports Medicine*, 52(4), 276. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096224>
36. Lara, B., Salinero, J. J., & Del Coso, J. (2014). The relationship between age and running time in elite marathoners is U-shaped. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 36(2), 1003–1008. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9614-z>
37. Léger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 49(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/BF00428958>

38. Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
39. Leyk, D., Erley, O., Ridder, D., Leurs, M., Rütter, T., Wunderlich, M., Sievert, A., Baum, K., & Essfeld, D. (2007). Age-related changes in marathon and half-marathon performances. *International Journal of Sports Medicine*, 28(6), 513–517. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924658>
40. Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gómez-Gallego, F., San Juan, A. F., Santiago, C., Pérez, M., Chamorro-Viña, C., & Foster, C. (2006). Physiological characteristics of the best Eritrean runners - Exceptional running economy. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31(5), 530–540. <https://doi.org/10.1139/H06-029>
41. Malchrowicz-Moško, E., & Poczta, J. (2018). Running as a Form of Therapy Socio-Psychological Functions of Mass Running Events for Men and Women. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2262. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102262>
42. Malek, M. H., Berger, D. E., Housh, T. J., Coburn, J. W., & Beck, T. W. (2004). Validity of $\dot{V}O_2$ max equations for aerobically trained males and females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1427–1432. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000135795.60449.CE>
43. Matsuzaka, A., Takahashi, Y., Yamazoe, M., Kumakura, N., Ikeda, A., Wilk, B., & Bar-Or, O. (2004). Validity of the Multistage 20-M Shuttle-Run Test for Japanese Children, Adolescents, and Adults. In *Pediatric Exercise Science* (Vol. 16).
44. Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). Criterion-Related Validity of the 20-M Shuttle Run Test for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Meta-Analysis. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 536–547.
45. McLaughlin, J. E., Howley, E. T., Bassett, D. R., Thompson, D. L., & Fitzhugh, E. C. (2010). Test of the classic model for predicting endurance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(5), 991–997. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0669d>
46. Morgan, D. W., Baldini, F. D., Martin, P. E., & Kohrt, W. M. (1989). Ten-kilometer performance and predicted velocity at VO_2 max among well-trained male runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(1), 78–83. <https://doi.org/10.1249/00005768-198902000-00014>
47. Ogueta-Alday, A., Morante, J. C., Gómez-Molina, J., & García-López, J. (2018). Similarities and differences among half-marathon runners according to their performance level. *PloS one*, 13(1), e0191688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191688>
48. Paliczka, V. J., Nichols, A. K., & Boreham, C. A. (1987). A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British journal of sports medicine*, 21(4), 163–165. <https://doi.org/10.1136/bjism.21.4.163>
49. Paradisis, G. P., Zacharogiannis, E., Mandila, D., Smiriotou, A., Argeitaki, P., & Cooke, C. B. (2014). Multi-Stage 20-m Shuttle Run Fitness Test, Maximal

- Oxygen Uptake and Velocity at Maximal Oxygen Uptake. *Journal of human kinetics*, 41, 81–87. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0035>
50. Paradisis, G., Dallas, G., Pilianidis, T., & Zacharogiannis, E. (2016). % HRmax of Submaximal Speeds Accurately Predicts Velocity at O2max in Trained Runners: 3863 Board# 302 June 4, 9: 30 AM-11: 00 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(5S), 1085-1086
 51. Peric, R., & Nikolovski, Z. (2017). Validation of four indirect VO2max laboratory prediction tests in the case of soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(2), 608–613. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.02092>
 52. Petek, B. J., Tso, J. V., Churchill, T. W., Guseh, J. S., Loomer, G., Dicarli, M., Lewis, G. D., Weiner, R. B., Kim, J. H., Wasfy, M. M., & Baggish, A. L. (2022). Normative cardiopulmonary exercise data for endurance athletes: The Cardiopulmonary Health and Endurance Exercise Registry (CHEER). *European Journal of Preventive Cardiology*, 29(3), 536–544. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwab150>
 53. Pollock, M. L., Bohannon, R. L., Cooper, K. H., Ayres, J. J., Ward, A., White, S. R., & Linnerud, A. C. (1976). A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *American heart journal*, 92(1), 39–46. [https://doi.org/10.1016/s0002-8703\(76\)80401-2](https://doi.org/10.1016/s0002-8703(76)80401-2)
 54. Raghuvver, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Mietus-Snyder, M., Perak, A. M., Baker-Smith, C., Pietris, N., Edwards, N. M., & American Heart Association Young Hearts Athero, Hypertension and Obesity in the Young Committee of the Council on Lifelong Congenital Heart Disease and Heart Health in the Young (2020). Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 142(7), e101–e118. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866>
 55. Ramsbottom, R., Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British journal of sports medicine*, 22(4), 141–144. <https://doi.org/10.1136/bjism.22.4.141>
 56. Ritchie, C., Trost, S. G., Brown, W., & Armit, C. (2005). Reliability and validity of physical fitness field tests for adults aged 55 to 70 years. *Journal of science and medicine in sport*, 8(1), 61–70. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(05\)80025-8](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(05)80025-8)
 57. Roecker, K., Schotte, O., Niess, A. M., Horstmann, T., & Dickhuth, H. H. (1998). Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(10), 1552–1557. <https://doi.org/10.1097/00005768-199810000-00014>
 58. Rüst, C. A., Knechtle, B., Knechtle, P., Barandun, U., Lepers, R., & Rosemann, T. (2011). Predictor variables for a half marathon race time in recreational male runners. *Open access journal of sports medicine*, 2, 113–119. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S23027>
 59. Santos, T. M., Rodrigues, A. I., Greco, C. C., Marques, A. L., Terra, B. S., & Oliveira, B. R. R. (2012). VO2má x estimado e sua velocidade correspondente predizem o desempenho de corredores amadores. *Revista Brasileira de*

- Cineantropometria e Desempenho Humano, 14(2), 192–201. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n2p192>
60. Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(7), 465–485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
 61. Sproule, J., Kunalan, C., McNeill, M., & Wright, H. (1993). Validity of 20-MST for predicting VO₂max of adult Singaporean athletes. *British journal of sports medicine*, 27(3), 202–204. <https://doi.org/10.1136/bjism.27.3.202>
 62. Tanaka, H., & Seals, D. R. (2008). Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *The Journal of physiology*, 586(1), 55–63. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.141879>
 63. Tomkinson, G. R., & Olds, T. S. (2008). Field tests of fitness. In *Paediatric exercise science and medicine* (pp. 109–128). Oxford University Press
 64. Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Blanchard, J., Léger, L. A., & Tremblay, M. S. (2019). The 20-m Shuttle Run: Assessment and Interpretation of Data in Relation to Youth Aerobic Fitness and Health. *Pediatric exercise science*, 31(2), 152–163. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0179>
 65. Van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1986). Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 55(5), 503–506. <https://doi.org/10.1007/BF00421645>
 66. Voss, C., & Sandercock, G. (2009). Does the twenty-meter shuttle-run test elicit maximal effort in 11- to 16-year-olds? *Pediatric exercise science*, 21(1), 55–62. <https://doi.org/10.1123/pes.21.1.55>
 67. Weston, A. R., Mbambo, Z., & Myburgh, K. H. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(6), 1130–1134. <https://doi.org/10.1097/00005768-200006000-00015>
 68. Wiecha, S., Kasiak, P. S., Cieśliński, I., Takken, T., Palka, T., Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., Małek, Ł. A., Postuła, M., Mamcarz, A., & Śliż, D. (2023). External validation of VO₂max prediction models based on recreational and elite endurance athletes. *PloS one*, 18(1), e0280897. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280897>
 69. Williams, C., & Nute, M. L. (1983). Some physiological demands of a half-marathon race on recreational runners. *British journal of sports medicine*, 17(3), 152–161. <https://doi.org/10.1136/bjism.17.3.152>
 70. Yoshida, T., Udo, M., Iwai, K., & Yamaguchi, T. (1993). Physiological characteristics related to endurance running performance in female distance runners. *Journal of Sports Sciences*, 11(1), 57–62. <https://doi.org/10.1080/02640419308729964>