

## ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ

Τζουμάνης Α., Σμήλιος Η., Μύρκος Α., Κοκκίνου Μ., Λαπαρίδης Κ.,  
Σπάσης Α., Δούδα Ε., Τοκμακίδης Σ.

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού, Τ.Ε.Φ.Α.Α., 69100 Κομοτηνή

### Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει τη συσχέτιση και τις διαφορές μεταξύ της κρίσιμης ταχύτητας και της ταχύτητας που αντιστοιχεί σε διάφορα σημεία στην καμπύλη γαλακτικού που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του γαλακτικού κατώφλιού. Το δείγμα αποτέλεσαν 16 υγιή, ελεύθερα ασκούμενα άτομα (6 άνδρες και 8 γυναίκες) τα οποία εκτέλεσαν σε εργοδιάδρομο προοδευτικά αυξανόμενη δοκιμασία, μέχρι εξάντλησης. Με την ολοκλήρωση κάθε τρίλεπτου σταδίου γινόταν λήψη δείγματος αίματος για τη μέτρηση της συγκέντρωσης γαλακτικού. Με βάση την εκθετική σχέση της συγκέντρωσης γαλακτικού και της ταχύτητας τρεξίματος προσδιορίστηκαν ως γαλακτικό 'κατώφλι' η ταχύτητα όπου η συγκέντρωση γαλακτικού αυξήθηκε κατά 0,5 (ΚΓ0,5) και 1,5 (ΚΓ1,5) mmol/L από τις τιμές βάσης, η ταχύτητα όπου η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν 3 και 4 mmol και η ταχύτητα που προσδιορίστηκε με τις μεθόδους Dmax και mDmax. Για τον υπολογισμό της κρίσιμης ταχύτητας, οι δοκιμαζόμενοι έτρεξαν σε 3 διαφορετικές ημέρες, με τυχαία σειρά, σε εντάσεις που αντιστοιχούσαν στο 90%, 100% και 110% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας. Η κρίσιμη ταχύτητα προσδιορίστηκε από το συντελεστή κλίσης της γραμμής παλινδρόμησης μεταξύ του χρόνου άσκησης και της απόστασης που διανύθηκε με τις παραπάνω εντάσεις. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η κρίσιμη ταχύτητα εμφάνισε πολύ υψηλή γραμμική συσχέτιση (r) με όλες τις μεθόδους προσδιορισμού του γαλακτικού κατώφλιού (ΚΓ0,5: 0,86, ΚΓ1,5: 0,89, 3 mmol: 0,83, 4 mmol: 0,89, Dmax: 0,89, mDmax: 0,86). Η κρίσιμη ταχύτητα (12,13 ± 1,41 km/h) ήταν υψηλότερη από την ταχύτητα στα ΚΓ0,5 (9,93 ± 1,16 km/h), ΚΓ1,5 (11,46 ± 1,34 km/h) και 3 mmol (10,81 ± 1,79 km/h) ενώ δεν διέφερε από την ταχύτητα που αντιστοιχούσε στα 4 mmol (11,96 ± 1,55 km/h), στο Dmax (11,83 ± 1,31 km/h), και mDmax (12,1 ± 1,24 km/h). Τα παραπάνω δείχνουν ότι μπορεί πιθανά η κρίσιμη ταχύτητα να προσδιορίζεται και με τις μεθόδους Dmax και mDmax.

**Λέξεις κλειδιά:** Κρίσιμη ταχύτητα, γαλακτικό κατώφλι

### Διεύθυνση αλληλογραφίας

Σμήλιος Ηλίας

Διεύθυνση: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Σ.Ε.Φ.Α.Α., 69100 Κομοτηνή

Τηλ.: 2531 0 39723

E-mail: [ismilios@phyed.duth.gr](mailto:ismilios@phyed.duth.gr)

## ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ

### Εισαγωγή

Η εκθετική σχέση της συγκέντρωσης του γαλακτικού με τη δρομική ταχύτητα αποτελεί ένα χρήσιμο και πρακτικό δείκτη για τον προσδιορισμό της έντασης σε αγωνίσματα αντοχής. Συνήθως προσδιορίζονται δύο σημεία στην καμπύλη γαλακτικού τα οποία χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό της έντασης της αερόβιας άσκησης σε τρεις ζώνες. Όμως, ο προσδιορισμός του πρώτου και του δεύτερου κατωφλιού δεν είναι απόλυτος διότι υπάρχει πλήθος μεθοδολογιών οι οποίες αποσκοπούν στον προσδιορισμό αυτών των σημείων οι οποίες, ωστόσο, δίνουν διαφορετικά σημεία επάνω στη καμπύλη (Burbon, 2013). Ένας ακόμα δείκτης που χρησιμοποιείται και ερευνάται τα τελευταία χρόνια για το διαχωρισμό των ζωνών έντασης, είναι η κρίσιμη ταχύτητα, η οποία θεωρητικά είναι η υψηλότερη ταχύτητα που μπορεί να διατηρηθεί σε μία προσπάθεια χωρίς η κατανάλωση οξυγόνου να φτάσει στις μέγιστες τιμές της (Hill & Ferguson, 1999). Η κρίσιμη ταχύτητα διαχωρίζει τη δεύτερη με την τρίτη ζώνη έντασης. Παραμένει, ωστόσο, άγνωστο το πως σχετίζεται και συμφωνεί η κρίσιμη ταχύτητα με διάφορα σημεία που αντιστοιχούν στην καμπύλη γαλακτικού.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει τις διαφορές και τις συσχετίσεις μεταξύ της κρίσιμης ταχύτητας με τις ταχύτητες που αντιστοιχούν σε διάφορα σημεία πάνω στην καμπύλη γαλακτικού.

### Μέθοδος

#### Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν 14 υγιείς φοιτητές εκ των οποίων 8 ήταν γυναίκες και οι 6 άντρες (ηλικία:  $22,1 \pm 2,2$  χρόνων, σωματική μάζα:  $69,3 \pm 8,9$  kg, ύψος από όρθια θέση:  $1,73 \pm 9,1$  cm,  $VO_{2max}$ :  $57,7 \pm 6,3$  ml/kg/min, μέγιστη αερόβια ταχύτητα:  $14,8 \pm 1,3$  km/h).

#### Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων

Για τον υπολογισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας πραγματοποιήθηκε δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης, με αύξηση της ταχύτητας κατά 1,5 km/h κάθε 3 min, μέχρι την εξάντληση των δοκιμαζόμενων. Στο τέλος κάθε τρίλεπτου σταδίου γινόταν συλλογή δείγματος αίματος για μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα με φορητό αναλυτή γαλακτικού (Lactate Pro 2, Ankara, Tokyo). Σε τρεις ακόμα επισκέψεις πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες που περιλάμβαναν τρέξιμο με ένταση στο 90, 100 και 110% της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας μέχρι την εξάντληση. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε η γραμμική σχέση

\* Η υποβολή, αξιολόγηση και έγκριση του τρισέλιδου άρθρου πιστοποιείται από το παρόν ηλεκτρονικό αρχείο

\* The submission, review and acceptance of the short paper is certified through this electronic file

μεταξύ του χρόνου άσκησης έως την εξάντληση και της απόστασης που διανύθηκε σε αυτές τις εντάσεις, όπου η κλίση της γραμμικής σχέσης προσδιορίζει την κρίσιμη ταχύτητα.

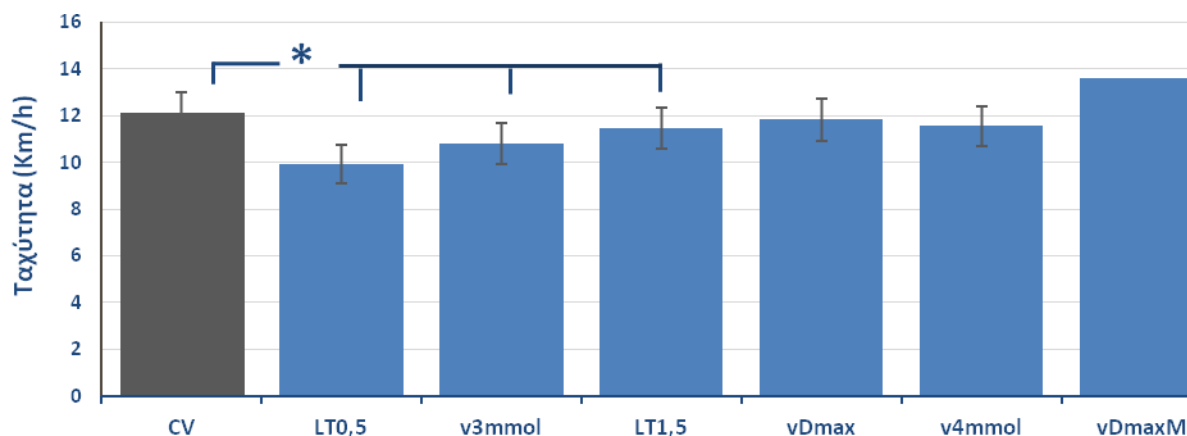
Με βάση την εκθετική σχέση της συγκέντρωσης γαλακτικού και της ταχύτητας τρεξίματος προσδιορίστηκαν ως κατώφλι γαλακτικού: i) η ταχύτητα κατά την οποία η συγκέντρωση του γαλακτικού αυξήθηκε κατά 0,5 mmol/L από τις τιμές βάσης (LT0,5), ii) η ταχύτητα κατά την οποία η συγκέντρωση του γαλακτικού αυξήθηκε κατά 1,5 mmol/L από τις τιμές βάσης (LT1,5), iii) η ταχύτητα στην οποία η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν 3 mmol/L (v3mmol), iv) η ταχύτητα στην οποία η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν 4 mmol/L (v4mmol), v) η ταχύτητα που προσδιορίσθηκε με τη μέθοδο Dmax η οποία προκύπτει από την μεγαλύτερη κάθετη απόσταση μεταξύ της ευθείας που τέμνει την πρώτη και την τελευταία τιμή γαλακτικού με την καμπύλη γαλακτικού (vDmax) και vi) η ταχύτητα που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο mDmax η οποία προκύπτει από τη μεγαλύτερη κάθετη απόσταση μεταξύ της ευθείας που τέμνει το σημείο όπου υπάρχει αύξηση 0,4 mmol/L στη συγκέντρωση γαλακτικού από τις τιμές βάσης με την τελευταία τιμή γαλακτικού και της καμπύλης γαλακτικού (vDmaxM).

### **Στατιστική ανάλυση**

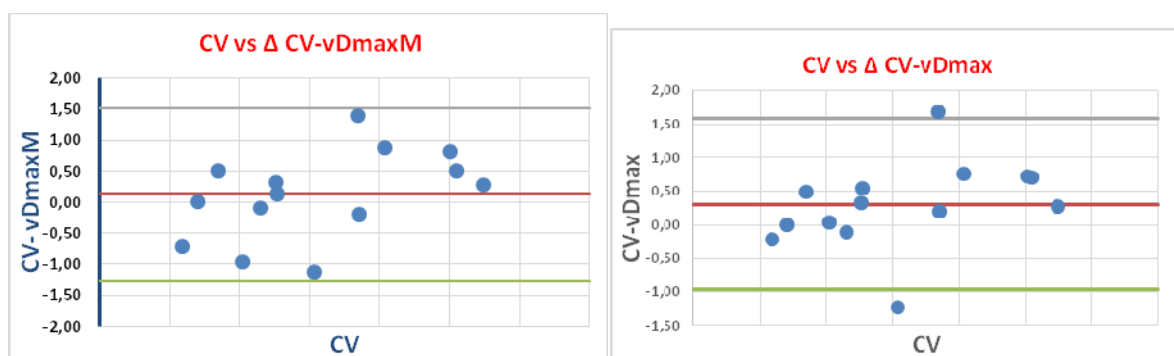
Για την εύρεση των συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson. Για τον έλεγχο της ύπαρξης διαφορών μεταξύ των ταχυτήτων που αντιστοιχούν στα διάφορα σημεία στην καμπύλη γαλακτικού και της κρίσιμης ταχύτητας χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ενός παράγοντα και για τη διερεύνηση της συμφωνίας μεταξύ των παραμέτρων η μέθοδος Bland & Altman. Ως επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το  $p < 0,05$ .

### **Αποτελέσματα**

Η κρίσιμη ταχύτητα εμφάνισε υψηλή γραμμική συσχέτιση με όλες τις μεθόδους προσδιορισμού του γαλακτικού κατωφλίου (LT0,5  $r = 0,86$ , LT1,5  $r = 0,90$ , v3mmol = 0,83, v4mmol = 0,89, vDmax = 0,89, vDmaxM = 0,86). Η κρίσιμη ταχύτητα ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) από τις ταχύτητες που αντιστοιχούσαν στις μεθόδους LT0,5, v3mmol και LT1,5 ενώ δεν διέφερε από τις ταχύτητες που αντιστοιχούσαν στις μεθόδους vDmax, vDmaxM και v4mmol (Σχήμα 1). Η ανάλυση Bland & Altman έδειξε ότι το διάστημα εμπιστοσύνης 95% που μπορεί να κυμανθεί αυτή η διαφορά είναι αρκετά μεγάλο διότι η διαφορά τις κρίσιμης ταχύτητας με τις ταχύτητες στις μεθόδους Dmax, mDmax και 4mmol κυμαινόταν από, -0,97km/h έως +1,58 km/h, -1,27 km/h έως +1,52 km/h και -1,18 km/h έως +1,53km/h, αντίστοιχα (Σχήμα 2).



**Σχήμα 1.** Ταχύτητες που αντιστοιχούν σε διάφορα σημεία στην καμπύλη γαλακτικού και χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό γαλακτικών κατωφλίων και στην κρίσιμη ταχύτητα.  
\*  $p < 0,05$



**Σχήμα 2.** Διαγράμματα συμφωνίας μεταξύ της κρίσιμης ταχύτητας και της ταχύτητας που αντιστοιχεί στα σημεία της καμπύλης γαλακτικού που προσδιορίζονται με τις μεθόδους DMaxM (A) και Dmax (B).

### Συζήτηση - Συμπεράσματα

Το γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της κρίσιμης ταχύτητας με όλες τις μεθόδους προσδιορισμού των κατωφλίων που χρησιμοποιήθηκαν είναι εύλογο διότι καθώς αυξάνεται η κρίσιμη ταχύτητα αυξάνεται και η ταχύτητα που αντιστοιχεί στα σημεία πάνω στην καμπύλη. Ωστόσο, αυτό δεν υποδηλώνει ότι η κρίσιμη ταχύτητα ήταν ίδια με τις ταχύτητες που αντιστοιχούσαν στις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν (Σχήμα 1). Αν και δεν διαπιστώθηκαν διαφορές ανάμεσα στην κρίσιμη ταχύτητα και τις μεθόδους vDmax, vDmaxM, v4mmol (Σχήμα 1) αυτό δεν σημαίνει αυτόματα και την απόλυτη συμφωνία των τιμών τους. Πρακτικά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα σημεία εναλλακτικά για το προσδιορισμό της κρίσιμης ταχύτητας διότι η αποκλίσεις είναι αρκετά μεγάλες ώστε να μπορούν να ορίσουν την κρίσιμη ταχύτητα και κατ'επέκταση να εφαρμοστούν σε προπόνηση.

### Βιβλιογραφία

- Hill, DW. & Ferguson, CS. (1999). A physiological description of critical velocity. *Eur J Appl Physiol* 79(3): 290-293.
- Bourdon, P. (2013). *Blood lactate thresholds: Concept and applications*. In *Physiological test for elite athletes 2<sup>nd</sup> ed.* Tanner RK & Gore CJ (eds). Human kinetics, U.S.A. pp. 77-102.