

# Αξιολόγηση της σταθερότητας διαδοχικών μετρήσεων γαλακτικού στο αίμα

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΣ ΚΛΕΝΤΡΟΥ<sup>1</sup>, WILLIAM MONTELPARE<sup>2</sup>, MARCUS OLSON<sup>1</sup>, BRENT FAUGHT<sup>2</sup>, και ANDREW BELLERBY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Education, Brock University

<sup>2</sup>Health Studies Program, Brock University

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΚΛΕΝΤΡΟΥ Π., MONTELPARE W., OLSON M., FAUGHT B. Και BELLERBY A. Αξιολόγηση της σταθερότητας διαδοχικών μετρήσεων γαλακτικού στο αίμα. *Κινησιολογία*, Τομ. 3, Νο 1,2 σελ. 88-92. Σκοπός της εργασίας ήταν ο προσδιορισμός της σταθερότητας διαδοχικών μετρήσεων γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας κωπηλασίας πολλαπλών σταδίων. Οκτώ άνδρες και τρεις γυναίκες κωπηλάτες ελαφρών κατηγοριών και διασυλλογικού επιπέδου ακολούθησαν πρωτόκολλο πολλαπλών σταδίων επιβάρυνσης στο κωπηλατοεργόμετρο με στόχο να εξεταστεί αν τα δείγματα του γαλακτικού οξέος διατηρούνται σταθερά με την πάροδο του χρόνου από τη φλεβική ανάληψη μέχρι την ανάλυση. Όλοι οι εξεταζόμενοι έδωσαν δύο δείγματα αίματος των 5mL από το ίδιο φλεβικό σημείο σε κάθε στάδιο του πρωτοκόλλου. Ο χρόνος μεταξύ της ανάλυσης των δύο διαδοχικών δειγμάτων κυμαινόταν από 103 μέχρι 150 sec. Με βάση τη στατιστική ανάλυση του Sing Test οι συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος ήταν σημαντικά ( $P < 0.05$ ) υψηλότερες στα δείγματα που αναλύονταν πρώτα. Τα αποτελέσματα αυτά αποδεικνύουν ότι υπάρχει πιθανότητα χημικής αποσύνθεσης του γαλακτικού οξέος σε δείγματα τα οποία δεν αναλύονται μετά την ανάληψή τους.

**Λέξεις κλειδιά:** ΚΩΠΗΛΑΣΙΑ, ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ, ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

Το γαλακτικό οξύ είναι ο δημοφιλέστερος μεταβολίτης, που συγκέντρωσε την προσοχή των μελετητών της μυϊκής προσπάθειας από τη δεκαετία του '60 (Astrand et al. 1963). Αποτελεί έναν από τους πλέον παρεξηγημένους μεταβολίτες, κατηγορούμενος από προπονητές και αθλητές, συχνά χωρίς στοιχεία, για την πρόκληση μυϊκού κόπματος και μυϊκών κακώσεων (Tiidus 1985). Η παραγωγή γαλακτικού οξέος συμβαίνει ως αποτέλεσμα του ταχύ καταβολισμού του γλυκογόνου ή της γλυκόζης ανεξάρτητα από τη διαθεσιμότητα σε οξυγόνο (Gollnick et al. 1986). Οι φλεβικές συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος έχουν από καιρό θεωρηθεί σαν χρήσιμη μέτρηση για τον προσδιορισμό της συμμετοχής του αναερόβιου μηχανισμού στην παραγωγή ενέργειας κατά την άσκηση, καθώς και σαν αντικειμενικό κριτήριο του βαθμού εξάντλησης (Astrand et al. 1968, Gass et al. 1981). Έτσι πολλές μελέτες χρησιμοποιούν το γαλακτικό οξύ στο αίμα ως φυσιολογικό δείκτη (Hickner et al. 1991, Ahmaidi et al. 1992, Medbo 1993, McInnes et al. 1995, Rundell 1995, Rundell et al. 1995, Zenit al. 1996).

Οι μετρήσεις γαλακτικού μετά την άσκηση επίσης θεωρούνται χρήσιμη ένδειξη για προπονητές και αθλητές. Η απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος μετά από έντονη άσκηση θεωρούνταν σημαντικός παράγοντας της αθλητικής απόδοσης. Αναφέρεται σε αρκετές εργασίες πως αμέσως μετά από έντονη

άσκηση ο ρυθμός εξουδετέρωσης του γαλακτικού στο αίμα είναι μεγαλύτερος στη διάρκεια συνεχούς αερόβιας άσκησης παρά στη διάρκεια παθητικής αποκατάστασης (Stamford et al. 1981, Mero 1988).

Οι μετρήσεις γαλακτικού στο αίμα έχουν υιοθετηθεί για τη μελέτη πολλών αθλημάτων συμπεριλαμβανομένης της κωπηλασίας, του σκι μεγάλων αποστάσεων, του τριάθλου και του χόκεϊ επί πάγου (Simoneau et al. 1983, Wolf et al. 1987, Rundell 1995, Rundell et al. 1995). Η μέτρηση γαλακτικού στο αίμα στη διάρκεια πρωτοκόλλων κωπηλασίας έχει γίνει αποδεκτή σαν αξιολογή ένδειξη για τον προσδιορισμό της αερόβιας ικανότητας των κωπηλατών (Zeni et al. 1996). Επιπλέον, το κατώφλι των  $4.0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  γαλακτικού στο αίμα, αλλιώς και σημείο έναρξης της συσσώρευσης γαλακτικού στο αίμα (OBLA), φαίνεται να είναι ένα από τα θεωρήματα του αναερόβιου κατωφλιού (AT) που κύρια χρησιμοποιείται στην εργομετρία της κωπηλασίας (Beneke 1995). Γενικά ο προσδιορισμός του AT χρησιμεύει στους προπονητές σαν παράγοντας πρόβλεψης στον προσδιορισμό των φορτίων που μπορούν να τροφοδοτηθούν από τον οξειδωτικό μεταβολισμό. Τα φορτία αυτά αναμένεται να αντιστοιχούν στις μέγιστες συγκεντρώσεις γαλακτικού σε ισοστάθμιση, αντιπροσωπεύοντας το ανώτερο όριο συγκεντρώσεων γαλακτικού στο αίμα στη διάρκεια συνεχούς φορτίου (Heck et al. 1985). Τα τελευταία χρόνια έχει διαμορφωθεί σημαντική αμφισβήτηση ως προς το θεώρημα του AT. Υπάρχουν ερευνητές που αμφισβητούν όχι μόνο το μηχανισμό συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα κατά την άσκηση (Brooks 1986), αλλά και τη δημοφιλή θεωρία που προτείνεται για τον προσδιορισμό του AT (Brooks 1985). Παρά τις αμφισβητήσεις, ο προσδιορισμός του AT με βάση τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα χρησιμοποιείται καθημερινά για την αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής κατάστασης των εξεταζόμενων (Bhambhani et al. 1993).

Η ανάγκη να αξιολογηθεί η σταθερότητα των μετρήσεων του γαλακτικού στο αίμα είναι αισθητή αν τόσο οι μετρήσεις όσο και η παροχή συνταγών άσκησης, που βασίζονται σε αυτές, συνεχιστούν. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση της σταθερότητας διαδοχικών μετρήσεων γαλακτικού στο αίμα στη διάρκεια άσκησης στο κωπηλατικό εργόμετρο. Κύριος στόχος ήταν να προσδιοριστεί αν τα δείγματα γαλακτικού παρέμειναν σταθερά με την πάροδο του χρόνου από την ανάληψη μέχρι την ανάλυση.

## **Μεθοδολογία**

**Εξεταζόμενοι.** Οκτώ άρρενες και 4 θήλεις κωπηλάτες ελαφρών κατηγοριών από 16 έως 19 ετών έδωσαν γραπτή συγκατάθεση πριν από τη συμμετοχή τους στην εργασία αυτή. Οι μετρήσεις για την εργασία αυτή εγκρίθηκαν από την Υποεπιτροπή για Έρευνα σε Ανθρώπους του Πανεπιστημίου Brock. Όλοι οι εξεταζόμενοι συμμετείχαν σε προπονητικό πρόγραμμα των 10 με 15 ωρών ημερησίως.

**Μετρήσεις.** Οι εξεταζόμενοι μετρήθηκαν σε διάστημα δύο ημερών πριν από την αγωνιστική περίοδο. Όλοι ακολούθησαν το ίδιο πρωτόκολλο πολλαπλών σταδίων φόρτισης στο κωπηλατοεργόμετρο, κυμαινόμενο από αρχική καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) 69-74 παλμούς/λεπτό μέχρι τελική ΚΣ 188-195 παλμούς/λεπτό. Τα δύο πρωτόκολλα ανδρών και γυναικών βασίστηκαν στα πρωτόκολλα που προτείνει η Καναδική Ομοσπονδία Κωπηλασίας και παρουσιάζονται τους Πίνακες 1 και 2.

Τα δείγματα γαλακτικού και η ΚΣ στην ηρεμία λήφθηκαν αμέσως πριν από την άσκηση. Τα επόμενα δείγματα γαλακτικού λαμβάνονταν στη διάρκεια των 1 λεπτού διαστημάτων ηρεμίας όπως αυτά προβλέπονται από το πρωτόκολλο

(Πίνακες 1 και 2).

**Πίνακας 1.** Πρωτόκολλο ανδρών στο κωπηλατοεργόμετρο.

ΣΤΑΔΙΟ	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΝΤΑΣΗ (Watts)	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ (m mol · L <sup>-1</sup> )
1	0	ηρεμία	—	—
2	5 min	175	—	—
3	30 sec	225	—	—
4	3 min	175	—	—
5	30 sec	275	—	—
6	3 min	175	—	—
7	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
8	3 min	175	—	—
9	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
10	3 min	225	—	—
11	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
12	3 min	275	—	—
13	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
14	3 min	300	—	—
15	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
16	3 min	325	—	—
17	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	5 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση

**Πίνακας 2.** Πρωτόκολλο γυναικών στο κωπηλατοεργόμετρο.

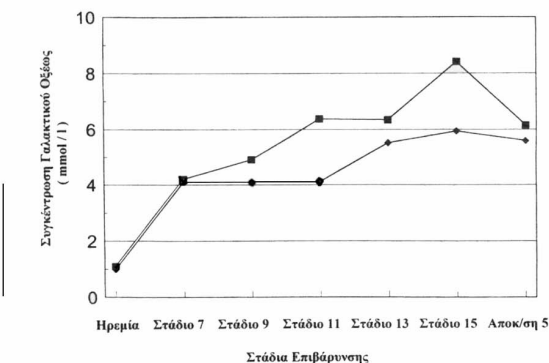
ΣΤΑΔΙΟ	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΝΤΑΣΗ (Watts)	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (b · min <sup>-1</sup> )	ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ (m mol · L <sup>-1</sup> )
1	0	ηρεμία	—	—
2	5 min	125	—	—
3	30 sec	175	—	—
4	3 min	125	—	—
5	30 sec	225	—	—
6	3 min	125	—	—
7	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
8	3 min	125	—	—
9	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
10	3 min	175	—	—
11	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
12	3 min	225	—	—
13	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
14	3 min	250	—	—
15	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
16	3 min	275	—	—
17	1 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	5 min	ηρεμία	μέτρηση	μέτρηση

Η άσκηση για κάθε εξεταζόμενο σταματούσε όταν η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα ξεπερνούσε το σημείο OBLA, περίπου δηλαδή στα 4 mmol·L<sup>-1</sup> (Heck et al. 1985, Beneke 1995). Για να εξασφαλιστεί η προηγούμενη ανάλυση γαλακτικού ζητήθηκε από τους εξεταζόμενους να συμπληρώνουν το τελικό 3-λεπτο στάδιο μετά την επίτευξη του μέγιστου ορίου. Ακολουθούσε 5-λεπτο στάδιο αποκατάστασης. Η λήψη του γαλακτικού κατά την αποκατάσταση γινόταν με την λήξη του 5 λεπτού.

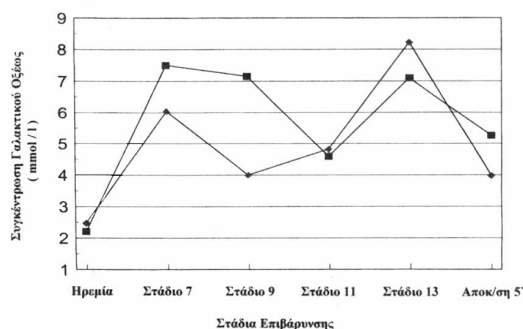
Δείγματα αίματος των 5mL λαμβάνονταν κάθε φορά στο ίδιο σημείο και από τους δύο τεχνικούς. Με τη χρήση διαφορετικής πιπέτας, το δεύτερο δείγμα λαμβανόταν αμέσως μετά το πρώτο. Στη συνέχεια τα δείγματα πήγαιναν για ανάλυση σε ένα αναλυτή γαλακτικού YSI μοντέλο 1500. Ο χρόνος μεταξύ της ανάλυσης των διαδοχικών δειγμάτων κυμαινόταν από 1-3 μέχρι 150 δευτερόλεπτα. Η σειρά με την οποία οι δύο τεχνικοί λάμβαναν και ανέλυαν διαδοχικά τα δείγματα άλλαζε τυχαία.

### Αποτελέσματα και συζήτηση

Οι μέσες τιμές γαλακτικού για κάθε στάδιο της άσκησης όπως μετρήθηκαν και από τα δύο διαδοχικά δείγματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 για τους άνδρες και στο Σχήμα 2 για τις γυναίκες κωπηλάτριες.



**Σχήμα 1.** Μέσες τιμές γαλακτικού στο αίμα για τους άντρες κωπηλάτες σε κάθε στάδιο του πρωτόκολλου. (Δείγμα 1 ■, δείγμα 2 ◆).



**Σχήμα 2.** Μέσες τιμές γαλακτικού στο αίμα για τις γυναίκες κωπηλάτριες σε κάθε στάδιο του πρωτόκολλου. (Δείγμα 1 ■, δείγμα 2 ◆).

Η στατιστική ανάλυση με προσημικό έλεγχο ( $H_0: \Delta = 0$ ) για σύγκριση ανά ζεύγη έδειξε σημαντική ( $p < 0.001$ ) θετική διαφορά μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων (Πίνακας 3). Οι συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα ήταν σταθερά ψηλότερες στα δείγματα που αναλύονταν πρώτα.

Η σταθερότητα των μετρήσεων γαλακτικού έχει δεχθεί κατά το παρελθόν μικρή αμφισβήτηση και εξέταση (Busse et al. 1987, Vandewalle et al. 1987). Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής προτείνουν ότι τα δείγματα του γαλακτικού στο αίμα θα πρέπει να αναλύονται αμέσως μετά τη λήψη επειδή υπάρχει σοβαρή ένδειξη ότι με την πάροδο του χρόνου και σε επαφή με την ατμόσφαιρα το γαλακτικό στο αίμα αλλοιώνεται.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AHMAIDI S., K. COLLOMP, C. CAILLAUD, and C. PREFAUT. Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int. J. Sports Med.* 13:243-248, 1992.
- ASTRAND P.P., I. HALLBACK, R. HEDMAN, and B. SALTIN. Blood lactate after prolonged severe exercise. *J. Appl. Physiol.* 18:619-622, 1963.
- BHAMBHANI Y.N., L.J. HOLLAND, and R.D. STEDWARD. Anaerobic threshold in wheelchair athletes with cerebral palsy: validity and reliability. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 74:305-310, 1993.
- BEKENE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:863-867, 1995.
- BROOKS, G.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:22-31, 1985.
- BROOKS, G.A. Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during exercise. *Fed. Proc.* 45:2924-2929, 1986.
- GASS, G.C., S. ROGERS, and R. MITCHELL. Blood lactate concentration following maximum exercise in trained subjects. *Brit. J. Sports. Med.* 15:172-176, 1981.
- GOLLNICK, P.D., W.M. BAYLY, and D.R. HODGSON. Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18:334-340, 1986.
- HECK, H., G. MADER, G. HESS, S. MUCKE, R. MULLER, and W. HOLLMAN. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6:117-130, 1985.
- HICKNER, R., C. HORSWILL, J. WELKER, J. SCOTT, J. ROEMMICH, and D. COSTILL. Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. *Int. J. Sports Med.* 12:557-562, 1991.
- McINNES S., J. CARLSON, C. JONES, and M. McKENNA. The physiological load imposed on basketball players during competition. *J. Sports Sci.* 13:387-397, 1995.
- MEDBO, J. Anaerobic capacity -theoretical basis and methods for practical testing. *Tidsskr Nor Laegeforen* 113:591-594, 1993.
- MERO, A. Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57:660-666, 1988.
- RUNDELL, K. Treadmill roller ski test predicts biathlon roller ski results of elite U.S. biathlon women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1677-1685, 1995.
- RUNDELL K., and L. PRIPSTEIN. Physiological responses of speed skaters to treadmill low walking and cycle ergometry. *Int. J. Sports Med.* 16:304-308, 1995.
- SIMONEAU J., G. LARTIC, M. BOULAY, and C. BOUCHARD. Test of aerobic alactacid and lactacid capacities: description and reliability. *Can. J. Appl. Sport Sci.* 8:266-270, 1983.
- STAMFORD B.A., A. WELTMAN, R. MOFFAT, and S. SADY. Exercise recovery above and below the anaerobic threshold following maximal work. *J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 51:840-844, 1981.
- TIIDUS, P. Lactic acid facts and myths. *CAHPER*, J. Nov-Dec., 1985.
- VANDEWELLE H., G. PERES, and H. MENOD. Standard anaerobic exercise tests. *Sport Med.* 4:268-289, 1987.
- WOLF P., J. LOTT, G. NITTI, and R. BOOKSTEIN. Changes in serum enzymes, lactate and haptoglobin following acute physical stress in international-class athletes. *Clin. Biochem.* 20(2):73-77, 1987.