



5^ο Συνέδριο Βιοχημείας και Φυσιολογίας
της Άσκησης

Η θέση του γαλακτικού στον ασκησιακό μεταβολισμό

Βασίλης Μούγιος
Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και
Αθλητισμού με έδρα τη Θεσσαλονίκη
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τι είναι

Γιατί αυξάνεται

Τι δεν είναι

Απομάκρυνση

Χρησιμότητα

Τα μέρη

- Τι είναι το γαλακτικό
- Γιατί αυξάνεται η παραγωγή γαλακτικού κατά την άσκηση
- Τι δεν είναι το γαλακτικό
- Απομάκρυνση του γαλακτικού κατά ή μετά την άσκηση
- Χρησιμότητα της μέτρησης του γαλακτικού στον αθλητισμό

Τι είναι

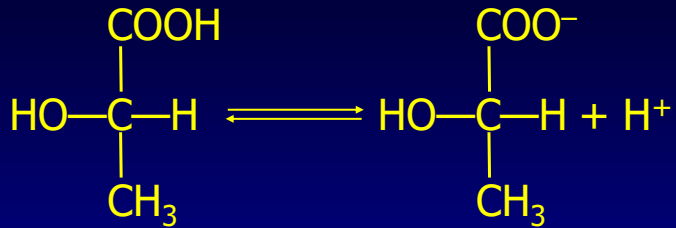
Γιατί αυξάνεται

Τι δεν είναι

Απομάκρυνση

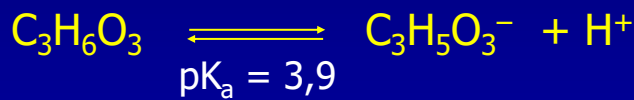
Χρησιμότητα

Τι είναι το γαλακτικό



Γαλακτικό
οξύ

Γαλακτικό
ιόν



Τι είναι

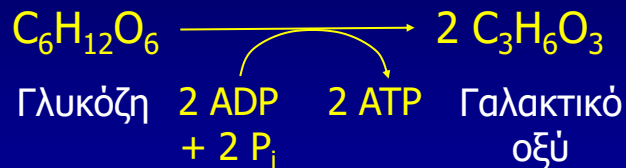
Γιατί αυξάνεται

Τι δεν είναι

Απομάκρυνση

Χρησιμότητα

Το γαλακτικό κατέχει κεντρική θέση στον μεταβολισμό πολλών οργανισμών, επειδή παράγεται από τη γλυκόζη, αποδίδοντας ενέργεια χωρίς να χρειάζεται τελικά συμπαράγοντες.

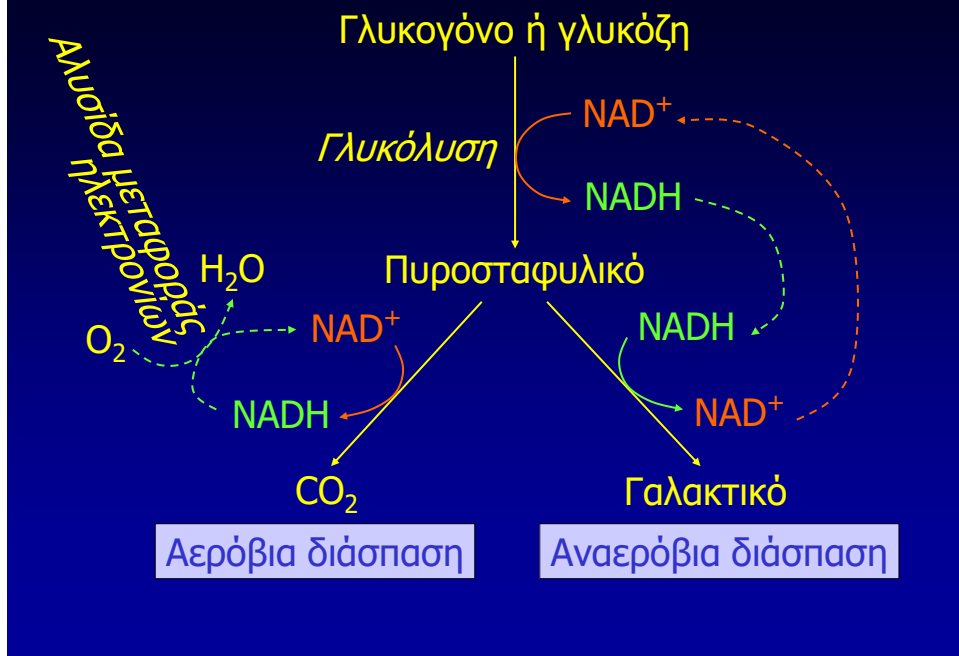


Γιατί αυξάνεται η παραγωγή γαλακτικού κατά την άσκηση

- Επειδή το γαλακτικό είναι προϊόν της αναερόβιας διάσπασης των υδατανθράκων, είναι αρκετά διαδεδομένη η άποψη ότι η αύξηση της παραγωγής του στους ασκούμενους μυσ οφείλεται σε έλλειψη οξυγόνου.
- Όμως το ότι μια διεργασία είναι αναερόβια δεν σημαίνει ότι πραγματοποιείται ΛΟΓΩ έλλειψης οξυγόνου.
- Αρκεί να είναι δυνατή από ενεργειακή και κινητική άποψη.

- Ομοίως, το ότι μια διεργασία είναι αναερόβια δεν αποκλείει την επιτάχυνσή της σε συνθήκες αφθονίας οξυγόνου, αν άλλοι παράγοντες μπορούν να την επιταχύνουν.
- Τα περισσότερα δεδομένα δείχνουν ότι, παρότι η περιεκτικότητα ενός μυός σε οξυγόνο μειώνεται όσο αυξάνεται η ένταση της άσκησης, υπάρχει αρκετό οξυγόνο για να υποστηρίξει την αερόβια παραγωγή ενέργειας ακόμη και σε μέγιστη άσκηση.

- Φαίνεται ότι ο πραγματικός λόγος της αυξημένης παραγωγής γαλακτικού είναι η ραγδαία κατανάλωση ενός συμπαραγόντα, του οξειδωμένου νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουλεοτιδίου (NAD^+), στην 6η αντίδραση της γλυκόλυσης και η αναγέννησή του κατά τη μετατροπή του πυροσταφυλικού σε γαλακτικό, γεγονός που επιτρέπει τη συνέχιση της παροχής ATP από τη διάσπαση των υδατανθράκων.



Τι δεν είναι το γαλακτικό

- Δεν είναι καματογόνος ουσία.



- Δεν είναι ο διάβολος της άσκησης.



- Δεν είναι ο θεός της άσκησης.



Μυϊκός κάματος

- Η αδυναμία διατήρησης μιας προκαθορισμένης ή επιθυμητής έντασης άσκησης.
- Οφείλεται σε πολλά αίτια.
- Ένα από αυτά μπορεί να είναι η οξύτητα που συνοδεύει την αναερόβια διάσπαση των υδατανθράκων.



Korzeniewski & Rossiter, *J Physiol* 2015 Oct 27.
doi: 10.1113/JP271299.

- Computer simulation of the skeletal muscle cell bioenergetic system.
- A strong inhibition of (anaerobic) glycolysis by protons (glycolytic rate inversely proportional to the cube of proton concentration) provided the best fit to the experimental pH kinetics, and may contribute to the progressive increase in oxidative ATP supply during acidifying contractions.

Τι δεν είναι το γαλακτικό

- Δεν είναι καματογόνος ουσία.



Έχει απλώς την ατυχία να συμπαραγεται με μια καματογόνο ουσία.

- Δεν είναι ο διάβολος της άσκησης.



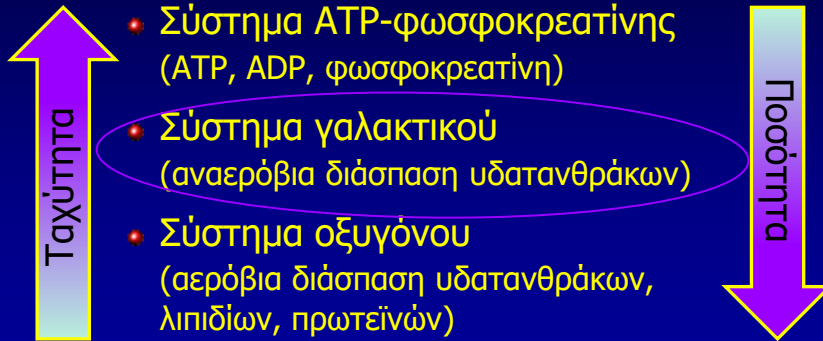
Δύσκολα θα μπορέσει να του προσαφθει κάποιο κακό της άσκησης.

- Δεν είναι ο θεός της άσκησης.



Είναι λάθος να περιορίζεται η αξιολόγηση του ασκησιακού μεταβολισμού στη μέτρηση του γαλακτικού.

Το γαλακτικό είναι το προϊόν του μεσαίου ενεργειακού συστήματος



Απομάκρυνση του γαλακτικού κατά ή μετά την άσκηση

Το γαλακτικό είναι αδιέξοδο στον μεταβολισμό.

Πυροσταφυλικό + NADH + H⁺

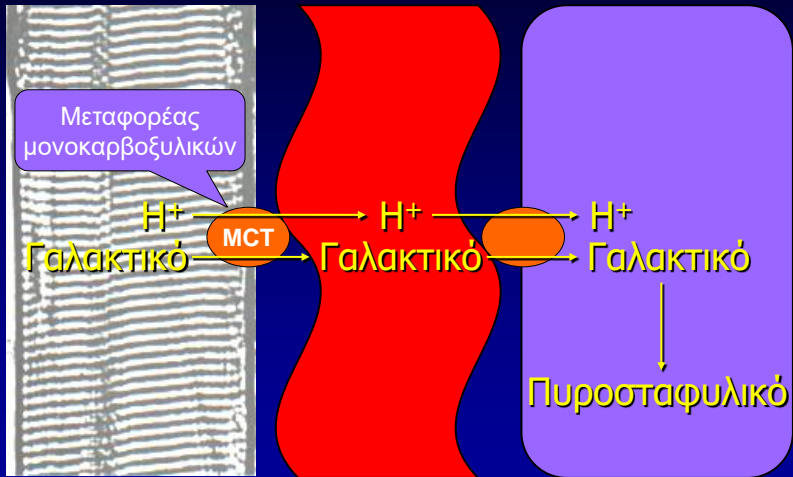
Γαλακτική $\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array}$ αφυδρογονάση

Γαλακτικό + NAD⁺

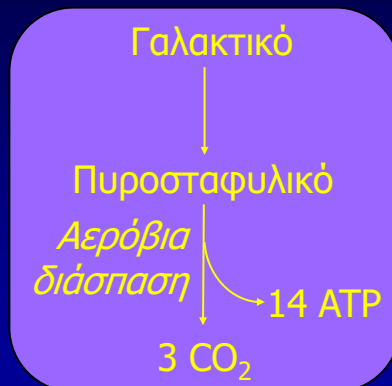
Μυϊκή ίνα

Αίμα

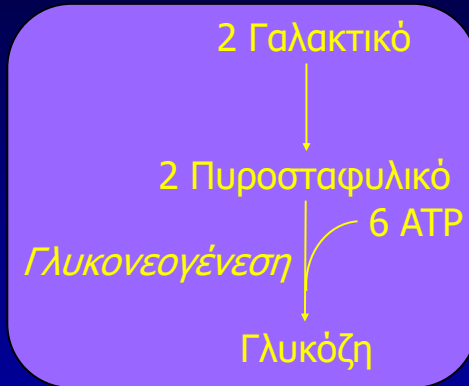
Άλλα κύτταρα



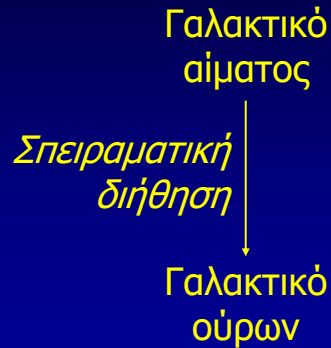
Μυϊκές ίνες με λιγότερο γαλακτικό από το αίμα, καρδιομυοκύτταρα



Ηπατοκύτταρα, κύτταρα νεφρικού φλοιού



Νεφροί



Χρησιμότητα της μέτρησης του γαλακτικού στον αθλητισμό

- Εκτίμηση της αναερόβιας γαλακτικής ικανότητας
- Προγραμματισμός της προπόνησης
- Εκτίμηση της αερόβιας ικανότητας

Εκτίμηση της αναερόβιας γαλακτικής ικανότητας

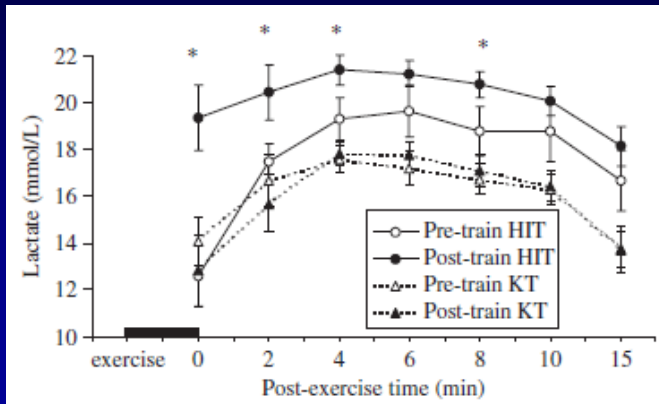
Υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα μετά το τέλος μιας μέγιστης προσπάθειας σημαίνει:

- Αυξημένη παραγωγή στους μυς ή
- Αυξημένη εξουδετέρωση της οξύτητας ή
- Αυξημένη ταχύτητα εξόδου στο αίμα.

Ravier et al., *Scand J Med Sci Sports*
19: 687-694, 2009

- The aim of this study was to investigate the effects of adding a high-intensity intermittent session twice a week during a 7-week karate training on markers of aerobic and anaerobic metabolisms in elite class karate athletes.
- Time to exhaustion, maximal accumulated oxygen deficit and VO_2 max were significantly improved by 23.6, 10.3 and 4.6%, respectively.

Ravier et al., *Scand J Med Sci Sports*
19: 687-694, 2009



Προγραμματισμός της προπόνησης

👉 Τουμπέκης

Εκτίμηση της αερόβιας ικανότητας

- Μετατόπιση της καμπύλης γαλακτικού - έντασης άσκησης 🖱️ Τουμπέκης
- Ρυθμός απομάκρυνσης του γαλακτικού του αίματος

Ρυθμός απομάκρυνσης του γαλακτικού του αίματος

Οι περισσότεροι ερευνητές βρίσκουν θετική συσχέτιση μεταξύ της αερόβιας ικανότητας και του ρυθμού απομάκρυνσης του γαλακτικού του αίματος μετά από έντονη άσκηση.

Τι είναι

Γιατί αυξάνεται

Τι δεν είναι

Απομάκρυνση

Χρησιμότητα



Ποσοστό απομάκρυνσης γαλακτικού από το αίμα μιας κορυφαίας δρομέα ταχύτητας σε 15 min παθητικής αποκατάστασης μετά από έντονη άσκηση

25/4/2014	26/4/2014	23/5/2014	21/6/2014	15/10/2015
16%	24%	41%	55%	29%

Αύξηση του αερόβιου μέρους της προπόνησης

Συμπεράσματα

- Λόγω της μεγάλης γκάμας τιμών που μπορεί να λάβει και της ευαισθησίας του σε πληθώρα παραγόντων της άσκησης και του ασκούμενου, η συγκέντρωση του γαλακτικού στα σωματικά υγρά είναι ένας πολύτιμος βιοδείκτης του ασκησιακού μεταβολισμού.
- Παρότι προϊόν του αναερόβιου μεταβολισμού, το γαλακτικό του αίματος είναι χρήσιμο στην αξιολόγηση και του αερόβιου μεταβολισμού.

Συμπεράσματα

- Η έγκυρη και αξιόπιστη μέτρηση του γαλακτικού πρέπει να συνοδεύεται από γνώση του τι σημαίνουν οι μετρήσεις, ώστε να αποφεύγονται παρανοήσεις που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στον ορθό σχεδιασμό της προπόνησης και στην επίτευξη των επιθυμητών προπονητικών και αγωνιστικών στόχων.