



# ΕΡΓΟΜΕΤΡΙΑ

## Διάλεξη 4<sup>η</sup>

*Βασίλειος Σπ. Τράνακας MSc  
Διαιτολόγος - Διατροφολόγος  
Καθ. Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού*

# Άσκηση και συστήματα ενέργειας

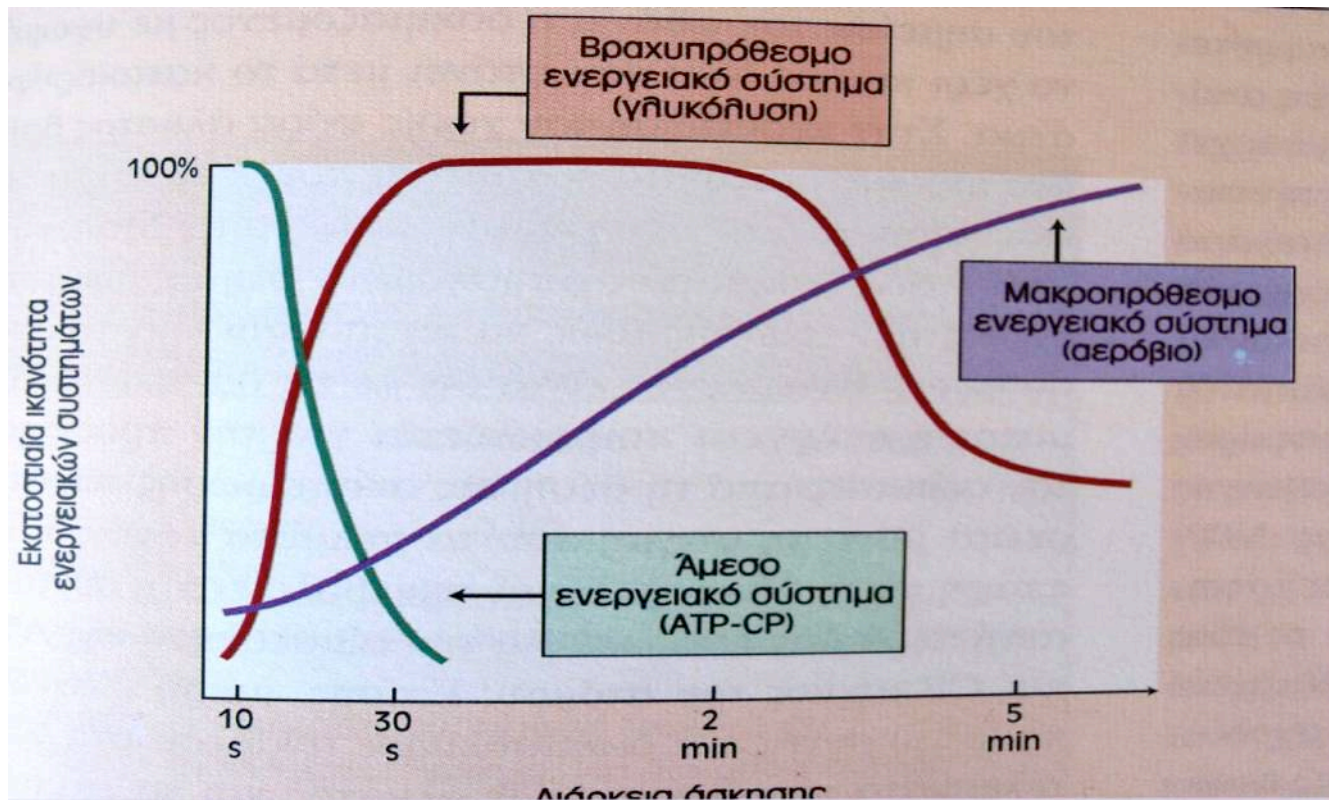
2

## Συστήματα παραγωγής ενέργειας (ATP) :

- **Σύστημα ATP-CP** (άμεσο ενεργειακό)
- **Σύστημα αναερόβιας γλυκόλυσης** (βραχυπρόθεσμο ενεργειακό)
- **Αερόβιο σύστημα** (μακροπρόθεσμο ενεργειακό)

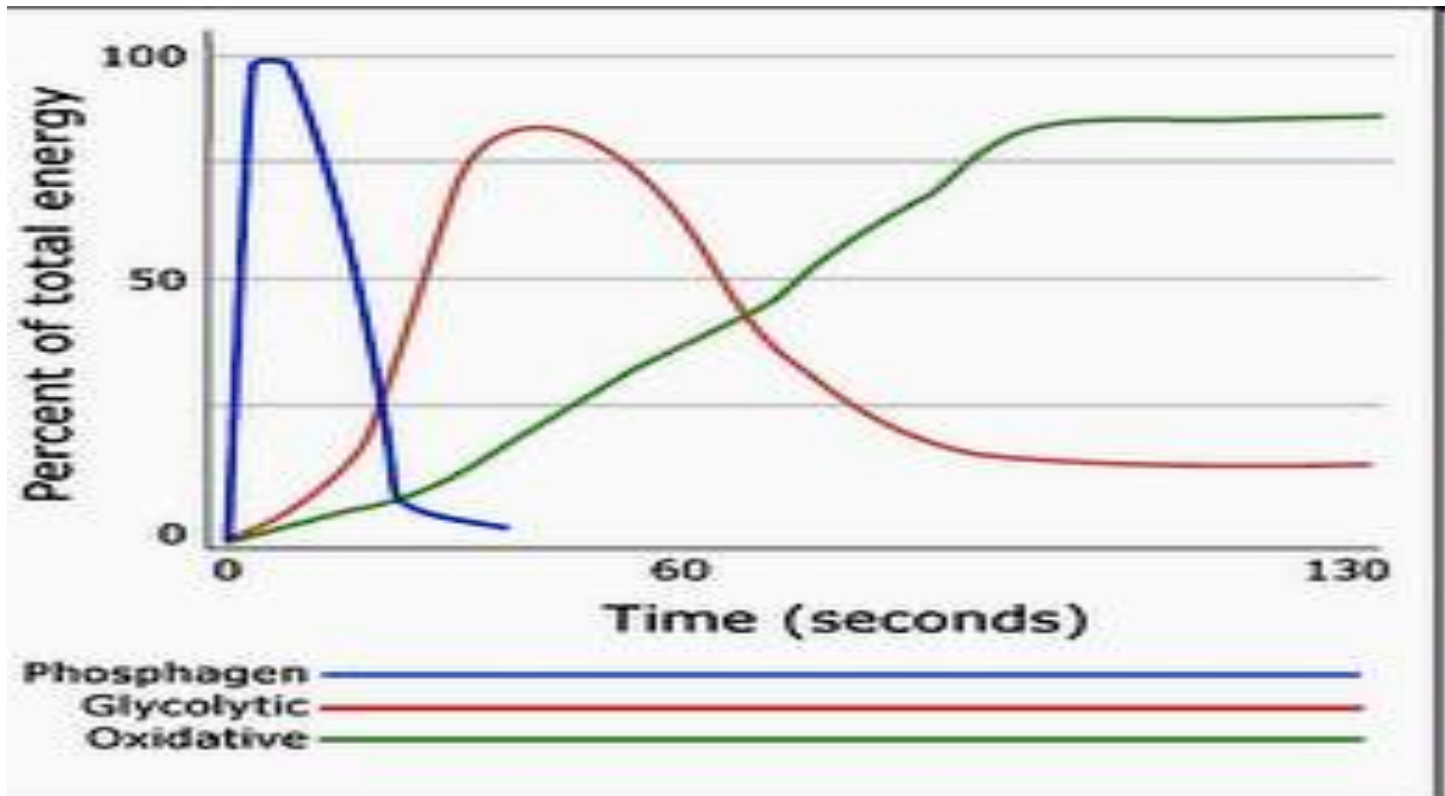
# Άσκηση και συστήματα ενέργειας

3



# Άσκηση και συστήματα ενέργειας

4



# Αερόβια ικανότητα

5

**Η αερόβια ικανότητα** εκφράζει την καρδιοαναπνευστική ικανότητα-αντοχή και ορίζεται ως η ικανή εκτέλεση ενός

- μακρόχρονου σε διάρκεια, αλλά
- υπομέγιστου σε ένταση έργου

κάτω από ένα επαρκές ενεργειακό ισοζύγιο  $O_2$  μεταξύ πρόσληψης και κατανάλωσής του.

# Αερόβια ικανότητα

6

Διακρίνεται στη:

- **μέγιστη αερόβια** που εκφράζει τα όρια επάρκειας της μεταφοράς  $O_2$  και είναι ισοδύναμη με τη **μέγιστη πρόσληψη  $O_2$**  στη μονάδα του χρόνου  **$\dot{V}O_2 \max$** .
- **υψηλή αερόβια** που εκφράζει τη μέγιστη χρησιμοποίηση και κατανάλωση του  $O_2$  από τους εργαζόμενους μυς, χωρίς τη συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού.
- Υποδηλώνεται ως **το αναερόβιο κατώφλι** του μεταβολισμού.

# Αερόβια ικανότητα

7

- **χαμηλή αερόβια** που εκφράζει την άνετη χρησιμοποίηση και κατανάλωση του  $O_2$  από τους εργαζόμενους μυς, προκαλούμενη, από το ελαφρύτερο από άποψης επιβάρυνσης ερέθισμα, ικανό να προκαλέσει λειτουργικές προσαρμογές,
- Υποδηλώνεται ως το **αερόβιο κατώφλι** του μεταβολισμού.

# Αναερόβια ικανότητα

8

**Η αναερόβια ικανότητα** ορίζεται ως η ικανή εκτέλεση ενός σύντομου σε διάρκεια, αλλά μέγιστου σε ένταση έργου, κάτω από συνθήκες έλλειψης  $O_2$ .

Διακρίνεται σε:

- **αναερόβια μυϊκή ισχύ** που εκφράζει την τιμή της μέγιστης δύναμης που εφαρμόζεται στη μονάδα του χρόνου (αναερόβια αγαλακτική φάση).
- Για τον προσδιορισμό της αξιολογείται στο κυκλοεργόμετρο ή στο δαπεδοεργόμετρο, η υψηλότερη τιμή (watt) στο συνολικό παραγόμενο έργο μιας μέγιστης προσπάθειας των 5-10 sec.



# Αναερόβια ικανότητα

- **αναερόβια μυϊκή αντοχή** που εκφράζει την τιμή της μέσης μέγιστης συνολικής δύναμης που εφαρμόζεται σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα (αναερόβια γαλακτική φάση).
- Για το προσδιορισμό της αξιολογείται η μέση τιμή (watt) στο συνολικό παραγόμενο έργο μιας μέγιστης προσπάθειας των 30-45sec και η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα μετά το τέλος της προσπάθειας.
- Επίσης προσδιορίζεται ένας δείκτης της απώλειας ισχύος μέσα στο δοκιμαζόμενο χρόνο (% κόπωσης).

# Γαλακτικό οξύ

10

Το γαλακτικό οξύ είναι η συχνότερα προσδιοριζόμενη βιοχημική παράμετρος στην αθλητική επιστήμη.

Το γαλακτικό οξύ που παράγεται στους μυς κατά τη διάρκεια της άσκησης, διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη και διαχέεται στο αίμα.

# Γαλακτικό οξύ

11

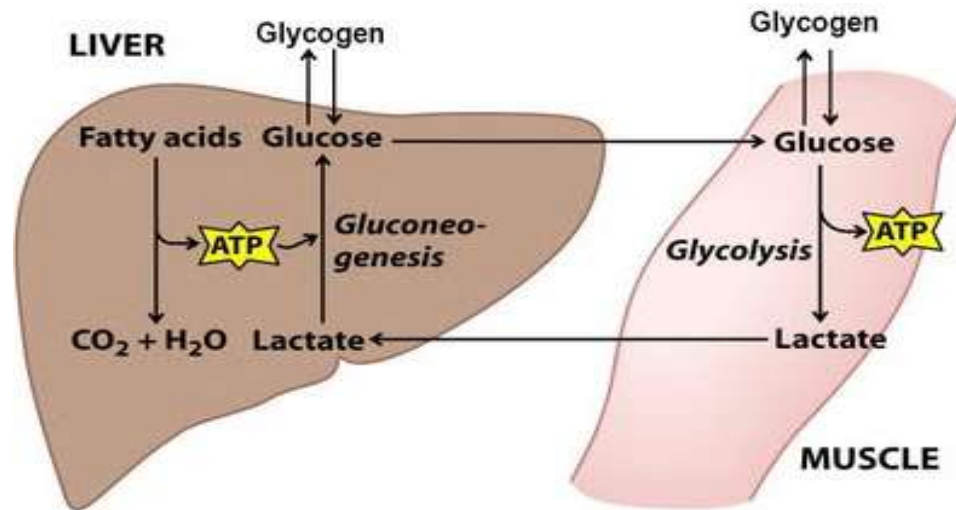
Παράγεται από τη γλυκόζη και το γλυκογόνο (μετατροπή σε πυροσταφυλικό) με αναερόβια γλυκόλυση και αποτελεί δείκτη αναερόβιας και αερόβιας ικανότητας.

Η παραγωγή του εξαρτάται από:

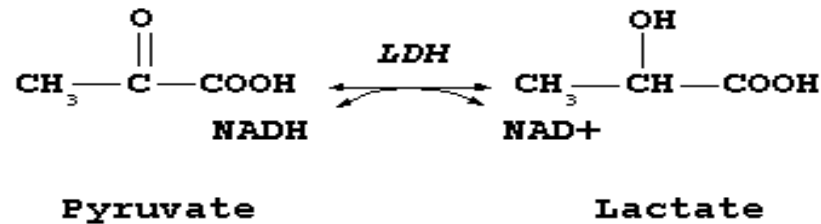
- τον τύπο της άσκησης
- τη διάρκεια
- τη φυσική ικανότητα
- την ηλικία

# Γαλακτικό οξύ – Κύκλος Cori

12



Principles of Biochemistry, 4/e  
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



# Γαλακτικό οξύ

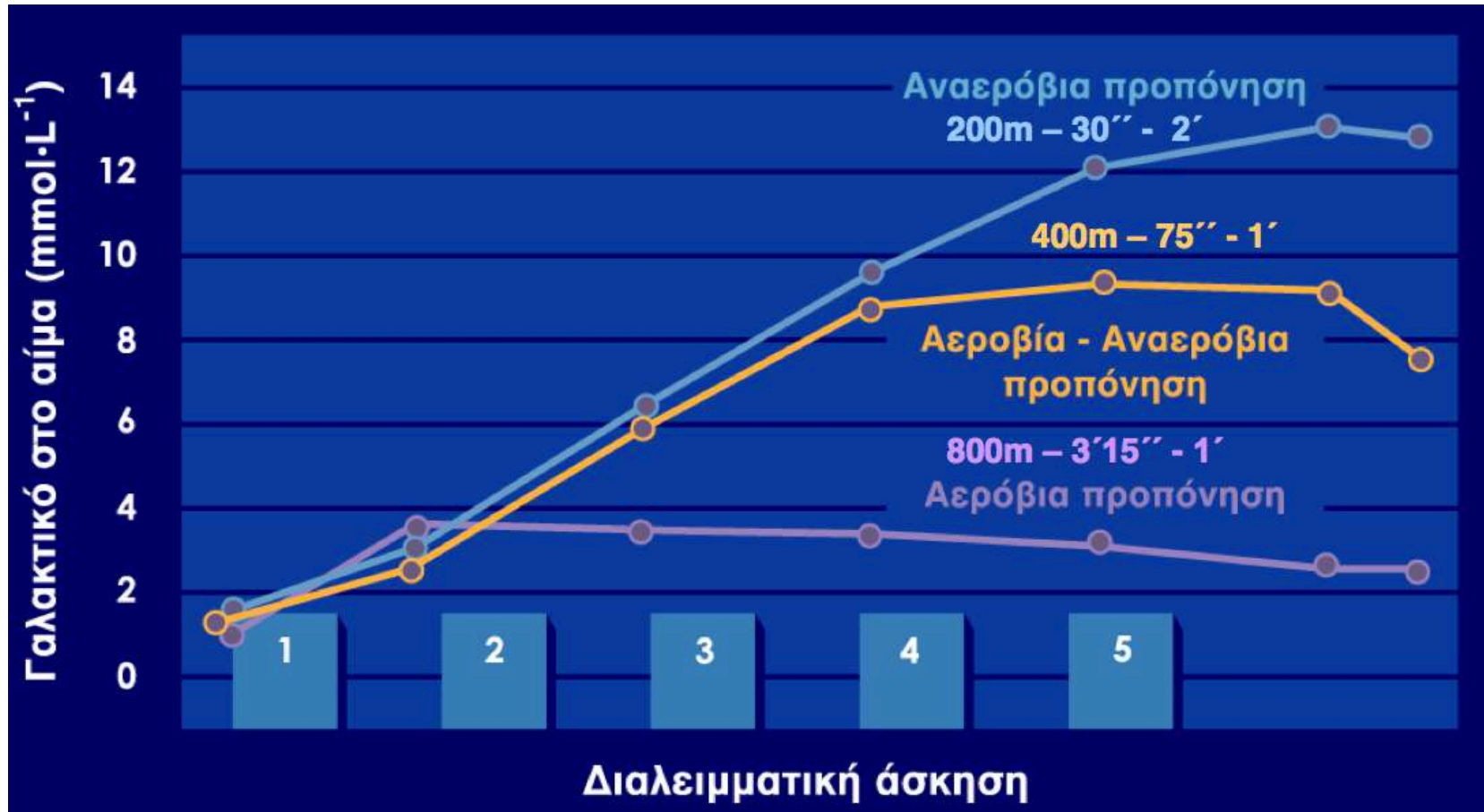
13

Η μέγιστη συγκέντρωση του στο αίμα, παρατηρείται λίγα λεπτά μετά το τέλος της άσκησης και εξαρτάται από τον ρυθμό:

- παραγωγής του στα μυϊκά κύτταρα
- διάχυσής του από τα κύτταρα στο αίμα
- απομάκρυνσής του από το αίμα και
- εξουδετέρωσής του από τα ρυθμιστικά συστήματα του αίματος

# Γαλακτικό – Μορφές άσκησης

14



# Μεταβολική οξέωση

15

- Κάθε φορά που ένα μόριο ATP διασπάται σε ADP και ανόργανο φώσφορο για την παραγωγή ενέργειας, απελευθερώνεται ένα ιόν υδρογόνου ( $H^+$ )
- Η αύξηση των ιόντων υδρογόνου καθορίζει και προκαλεί την οξέωση (με τη μείωση του pH κάτω από 7) και αποτελεί, την πραγματική αιτία της οξέωσης στον οργανισμό κατά την άσκηση.

# Γαλακτικό οξύ

- Μετριέται με αιμοληψία από το λοβό του δείκτη αμέσως μετά την άσκηση (ανάλογα με το πρωτόκολλο που ακολουθείται)
- Ιδιαίτερα συμπεράσματα για τη φυσική ικανότητα του αθλητή μπορούμε να βγάλουμε και από τον ρυθμό απομάκρυνσης του από το αίμα



# Γαλακτικό οξύ - Χρησιμότητα

17

Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος:

- Αποτελεί ευαίσθητο δείκτη αερόβιας προπονητικής κατάστασης
- Προβλέπει την επίδοση στην αντοχή
- Υπαγορεύει την αποτελεσματική ένταση της προπόνησης

# Γαλακτικό οξύ

18

Το γαλακτικό οξύ είναι ένα ισχυρό οξύ και η συσσώρευση του, μπορεί να προκαλέσει δυσφορία και κόπωση κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Ως εκ τούτου η ένταση, η διάρκεια και η συχνότητα της άσκησης πρέπει να προγραμματίζονται προσεκτικά.

# Γαλακτικό οξύ

Για να βελτιωθεί η ικανότητα των αθλητών να ανέχονται υψηλές συγκεντρώσεις και να χρησιμοποιούν το γαλακτικό ως “καύσιμο”, θα πρέπει να αυξάνονται τα επίπεδα γαλακτικού αρκετά ψηλά κατά τη διάρκεια των προπονήσεων.

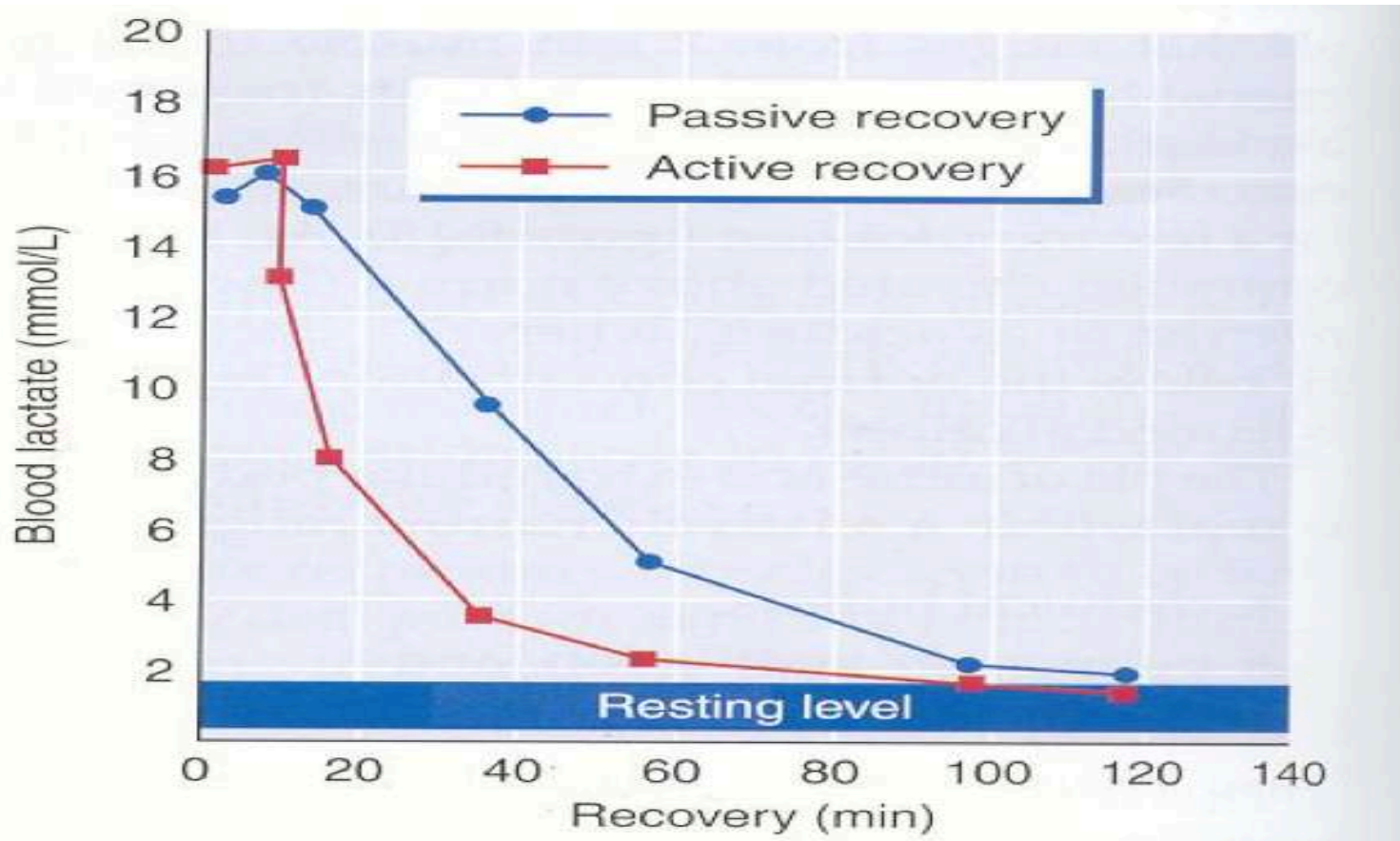
# Γαλακτικό – Πλασματοκάθαρση

20

- Χρόνος υποδιπλασιασμού είναι ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η συγκέντρωση ενός μορίου στο μισό
- Για το γαλακτικό είναι 15 λεπτά
- Το γαλακτικό οξύ απομακρύνεται εντελώς από τους μυς, σε μια ώρα μετά το τέλος της άσκησης.

# Γαλακτικό – ρυθμός απομάκρυνσης

21



(Wilmore and Costill, 2004)

# Αναερόβιο κατώφλι

22

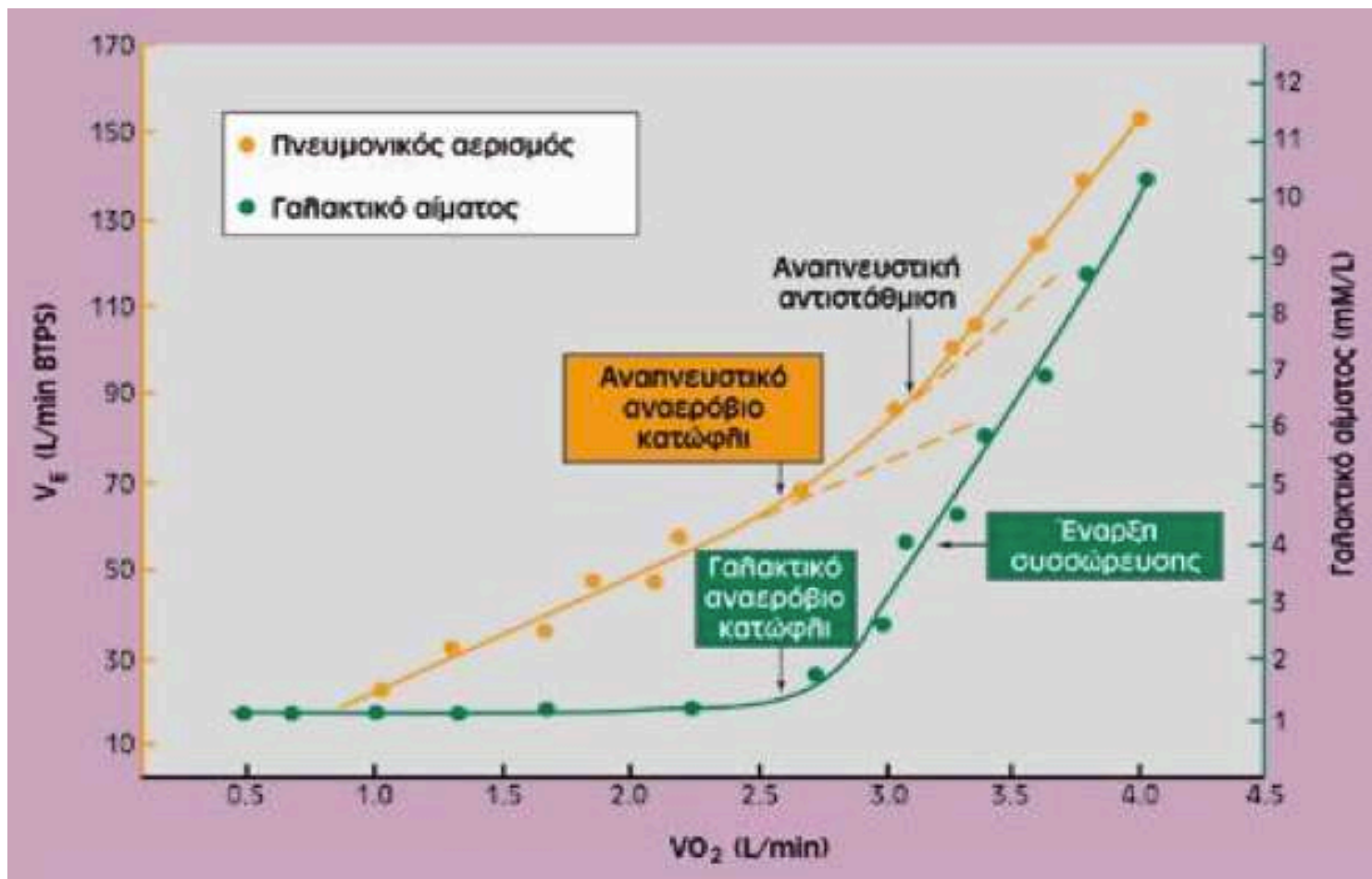
**Αναερόβιο κατώφλι** ορίζεται ως η ποσότητα  $O_2$  που καταναλώνει ο οργανισμός κατά την άσκηση, πριν αρχίσει η απότομη και συστηματική συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα και αντιστοιχεί στην ένταση της προσπάθειας όπου ενεργοποιείται η αναερόβια γλυκόλυση.

Το αναερόβιο κατώφλι αντικατοπτρίζει:

- τις μεταβολικές προσαρμογές των μυών
- τις προσαρμογές των συστημάτων πρόσληψης και μεταφοράς  $O_2$

# Προσδιορισμός αναερόβιου κατωφλίου

23



# Προσδιορισμός αναερόβιου κατωφλιού

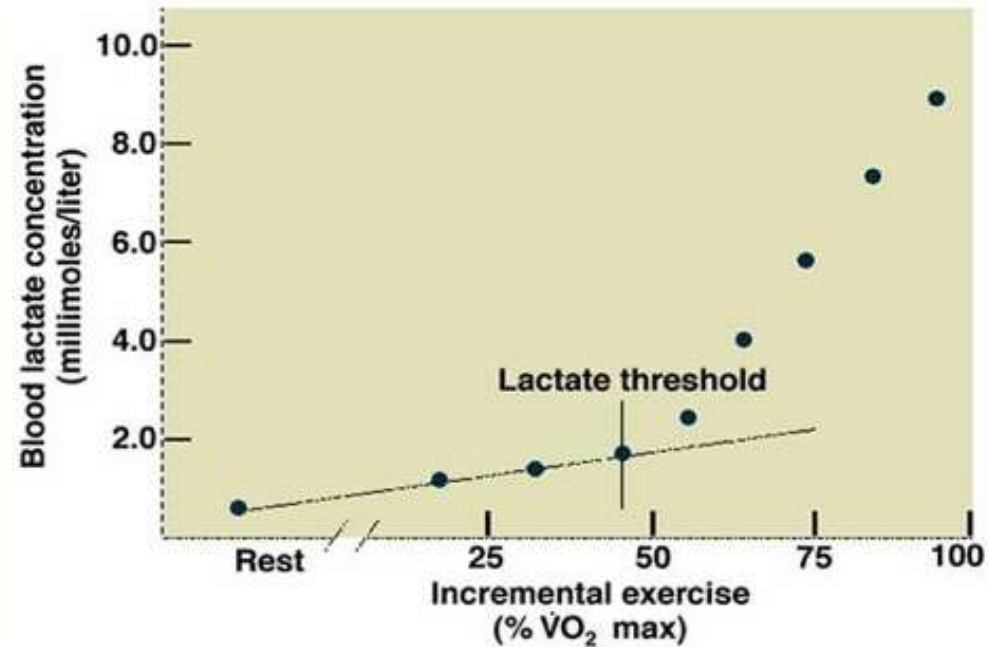
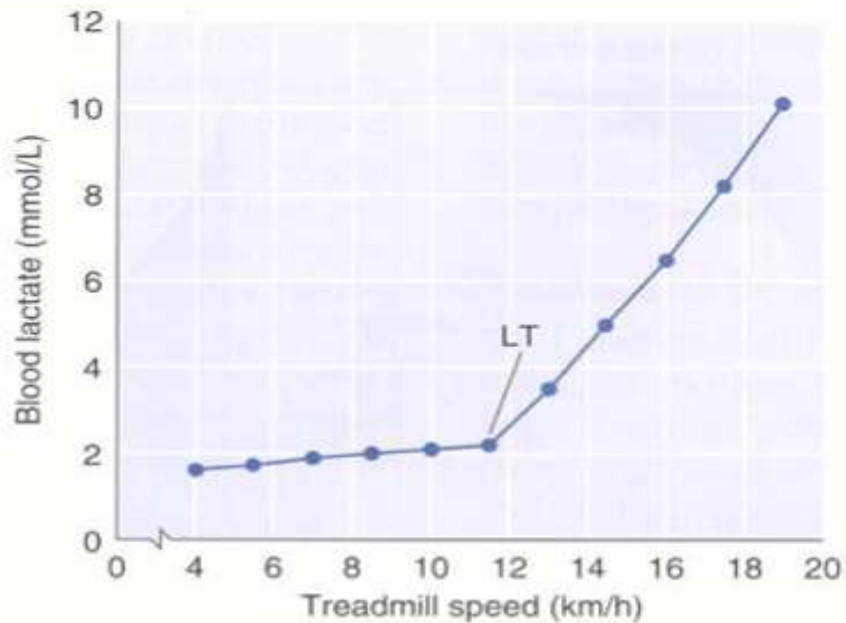
24

- Γαλακτικό κατώφλι
- Αναπνευστικό κατώφλι
- Κατώφλι καρδιακής συχνότητας



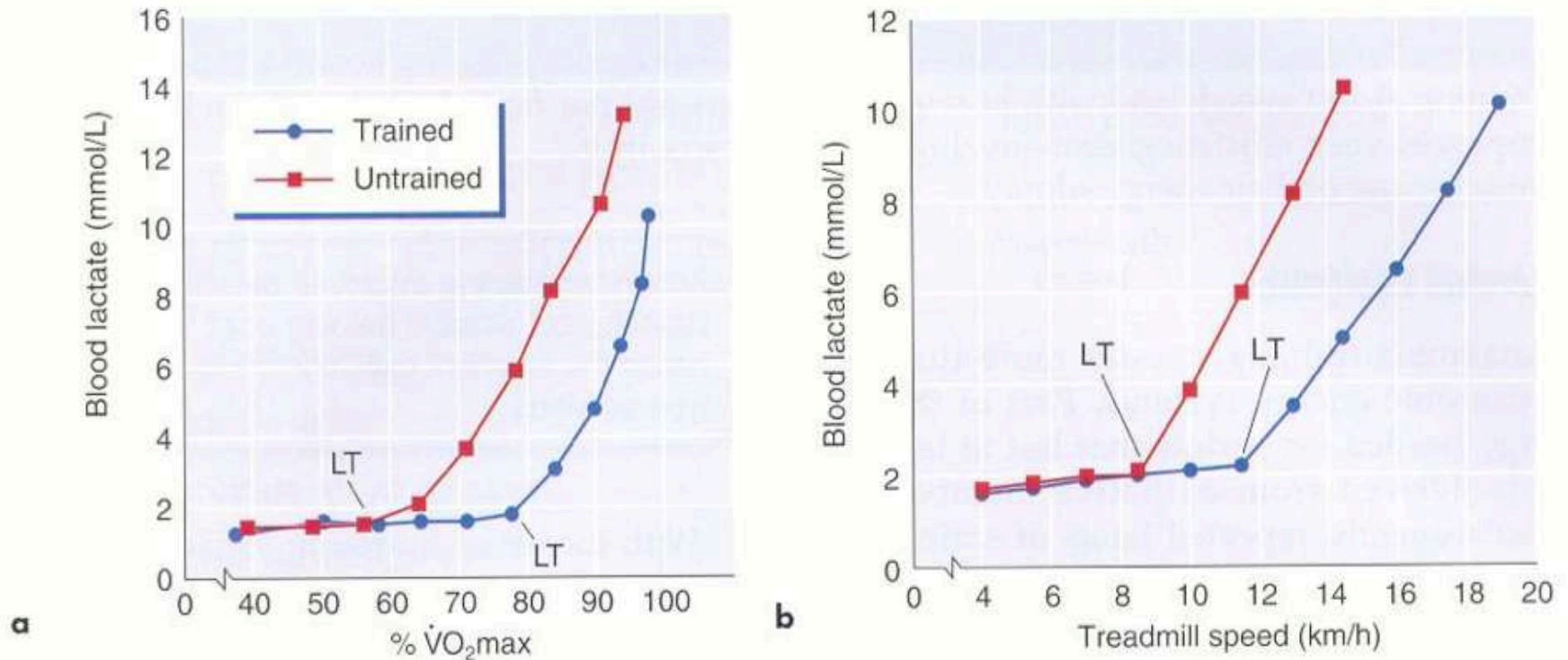
# Γαλακτικό κατώφλι

25



# Γαλακτικό κατώφλι-Επίδραση προπόνησης

26



▲ **Figure 6.12** Changes in lactate threshold with training expressed as (a) a percentage of maximal oxygen uptake (%  $\dot{V}O_2\text{max}$ ) and (b) an increase in speed on the treadmill. Lactate threshold (LT) occurs at a speed of 8.4 km/h in the untrained state and 11.6 km/h in the trained state.

(Wilmore and Costill, 2004)

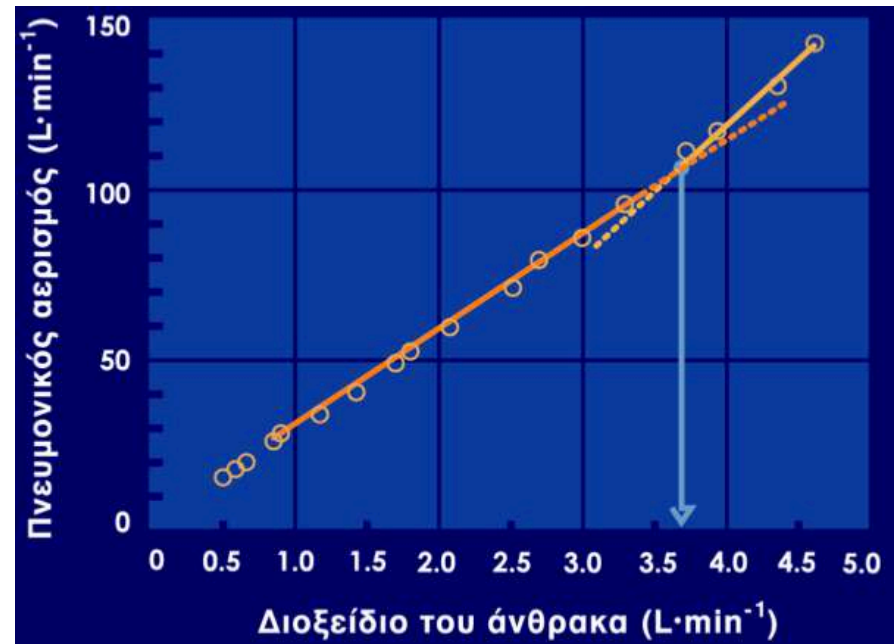
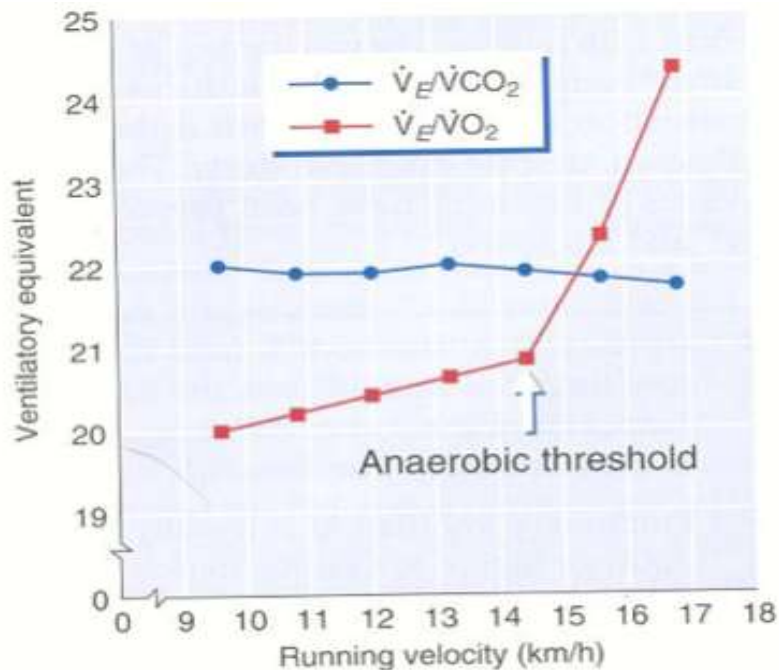
# Αναερόβιο κατώφλι

- Υψηλό αναερόβιο κατώφλι σημαίνει, καθυστέρηση της συσσώρευσης γαλακτικού οξέος. Δηλαδή ο αθλητής θα μπορέσει να συνεχίσει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την προσπάθειά του, πριν εξαντληθεί.
- Συνήθως το αναερόβιο κατώφλι αντιστοιχεί στο 83% - 87% της **μέγιστης καρδιακής συχνότητας** και βέβαια είναι υψηλότερο στους καλύτερους αθλητές.

# Αναπνευστικό κατώφλι

28

- Αύξηση του R χωρίς παράλληλη αύξηση της  $\dot{V}O_2$
- Αύξηση του πηλίκου  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  χωρίς παράλληλη αύξηση του πηλίκου  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$



# Αερόβιο - αναερόβιο κατώφλι

29

**Αερόβιο κατώφλι** – η ένταση της άσκησης με σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα, υψηλότερη από αυτή της ηρεμίας. Ορίζεται στα **2,5 mmol /L**.

**Αναερόβιο κατώφλι** - η ένταση της άσκησης πάνω από την οποία, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα αυξάνει σημαντικά. Ορίζεται στα **4 mmol /L**.

Σχετίζεται έντονα με την απόδοση σε αγωνίσματα αντοχής, γι' αυτό και η προπόνηση των αθλητών σχεδιάζεται με βάση το αναερόβιο κατώφλι.

# Βιβλιογραφία

- American College of Sports Medicine: ACSM`s Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins, 9th Edition, 2013.
- American College of Sports Medicine: ACSM`s Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins, 7th Edition, 2013.
- American Thoracic Society. 1991. Lung function testing: selection of ref- erence values and interpretative strategies. ATS Statement. *Am. Rev. Respir. Dis.* 144:1202–1218.
- Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Stromme SB. Textbook of Work Physiology. Physiological basis of Exercise. Champagne, IL: Human Kinetics, 2003; pp.127-176.
- Crapo, R. O., A. H. Morris, and R. M. Gardner. 1981. Reference spiro- metric values using techniques and equipment that meet ATS recom- mendations. *Am. Rev. Respir. Dis.* 123:659–664
- Κλεισούρας Βασίλης, Εργομετρία – Μέτρηση της Μυϊκής Προσπάθειας , Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991.
- Κλεισούρας Β., Γελαδάς Ν., Κοσκολού Μ. Εργομετρία , Broken Hill Publishers, Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδη, Αθήνα, 2015.
- Saltin B, Strange S. Maximal oxygen uptake: "old" and "new" arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(1):30-7