

# 9<sup>ο</sup> ΜΑΘΗΜΑ: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

# Έννοια της άσκησης

**Άσκηση** είναι οποιοδήποτε είδος μυϊκής προσπάθειας **προσχεδιασμένης έντασης, διάρκειας και συχνότητας**, που εντάσσεται σ' ένα **μακροπρόθεσμο πρόγραμμα** με σκοπό τη βελτίωση ή τη διατήρηση της ευρωστίας, της υγείας ή και της σωματικής απόδοσης

# Έννοια της άσκησης

**Άσκηση → φυσική δραστηριότητα**

- Οποιαδήποτε μορφή μυϊκής προσπάθειας που αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη πάνω από το επίπεδο της σωματικής ηρεμίας.
- Ο κοινός παρονομαστής και των δυο είναι η **παραγωγή ενέργειας.**
- Οι επιδράσεις της άσκησης στην απόδοση και στην υγεία εξαρτώνται από **την ένταση και τη διάρκεια** της δηλ. την ενεργειακή δαπάνη στη μονάδα του χρόνου.

# Ένταση της άσκησης

- Εκφράζεται σε **MET** (μεταβολικό ισοδύναμο σε ηρεμία)
- 1 MET : 3,5 ml O<sub>2</sub> ανά κιλό σωματικού βάρους ανά λεπτό. (kg/min)

# Ενεργειακός μεταβολισμός

- Ο ανθρώπινος οργανισμός κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του, έχει δημιουργήσει εξειδικευμένες δεξαμενές που είναι ικανές να απορροφούν και να διατηρούν το πλεόνασμα των μακροθρεπτικών, όταν υπάρχουν.

- Σε περίπτωση έλλειψης (άσκηση, ασιτία) εξωγενών θρεπτικών υλών, οι αποθηκευμένες ύλες είναι διαθέσιμες για να αποσταλούν σε όλα τα σημεία του σώματος

# Μακροθρεπτικά - Αποθήκευση

Για κάθε μια από τις τρεις κύριες τάξεις θρεπτικών υλών υπάρχει και μια τέτοια δεξαμενή.

- **Λίπη - λιπώδης ιστός**, (μυς) με μορφή αποθήκευσης τα Τριγλυκερίδια
- **Γλυκόζη - ήπαρ, μυς**, με μορφή αποθήκευσης το γλυκογόνο
- **Αμινοξέα - μυϊκός ιστός**, με μορφή αποθήκευσης τις πρωτεΐνες.

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

- **Καταβολισμός**: διάσπαση της τροφής από σύνθετα σε απλούστερα συστατικά και το σχηματισμό ATP
- **Αναβολισμός**: κατασκευή και ανάπλαση οστών και μυών.



# Μακροθρεπτικά - αποθηκεύση

- Τα συστατικά των τριών αυτών δεξαμενών βρίσκονται σε μια δυναμική κατάσταση όπου συνεχώς αποθηκεύονται ή κινητοποιούνται.
- Η μετάπτωση από τη μια κατάσταση στην άλλη εξαρτάται μεν από τις θρεπτικές ύλες που είναι διαθέσιμες στον οργανισμό, αλλά προκαλείται από ορμόνες και σήματα του νευρικού συστήματος.

# Δεξαμενή λιπαρών οξέων

- Από τις τρεις τάξεις ενώσεων που αποθηκεύονται στον οργανισμό μόνο η δεξαμενή των λιπαρών οξέων (λιπώδης ιστός) έχει διαμορφωθεί έτσι από τη φύση ώστε, να αποθηκεύει απεριόριστη (θεωρητικά) ποσότητα.

# Αποθήκες αμινοξέων

- Αντίθετα δεν έχει προβλεφθεί από τη φύση αποθήκευση περίσσειας αμινοξέων στον οργανισμό.
- Οι μυϊκοί ιστοί μπορούν να θεωρηθούν είτε απλώς σαν 'καταφύγιο' αμινοξέων, είτε σαν το φθηνότερο αντίτιμο που καταβάλλει ο οργανισμός για να αντεπεξέλθει, κατά τη διάρκεια παρατεταμένης και έντονης άσκησης (αλλά και νηστείας), ξοδεύοντας τις πρωτεΐνες που έχει σε μεγαλύτερη ποσότητα.

# Αποθήκες υδατανθράκων

- Για την περίπτωση της γλυκόζης υπάρχει μια ενδιάμεση κατάσταση όπου αποθηκεύεται σαν γλυκογόνο στο ήπαρ και στους σκελετικούς μυς.

# Αρχές του μεταβολισμού κατά την άσκηση

- Ο μεταβολισμός κατά την άσκηση προσαρμόζεται στην ανάγκη αυξημένης παροχής ενέργειας στους συστέλλομενους μυς
- Η άσκηση αλλάζει το μεταβολισμό όχι μόνο των ασκούμενων μυών αλλά και άλλων οργάνων και ιστών, όπως το ήπαρ και ο λιπώδης ιστός.

# Αρχές του μεταβολισμού κατά την άσκηση

- Ο μεταβολισμός δεν επιστρέφει στα χαρακτηριστικά της ηρεμίας αμέσως μετά το τέλος της άσκησης.
- Πολλές αλλαγές διαρκούν για ώρες ή ημέρες ενώ άλλες είναι τόσο αργές που εκδηλώνονται κατά την αποκατάσταση και όχι κατά την άσκηση.
- Οι επιδράσεις της άσκησης διακρίνονται σε οξείες (προκαλούνται από μια συνεδρία άσκησης) και χρόνιες (προκαλούνται από την τακτική επανάληψη της άσκησης).

# Αρχές του μεταβολισμού κατά την άσκηση

- Η τακτική επανάληψη της άσκησης μπορεί να τροποποιήσει σε τέτοιο βαθμό τον μεταβολισμό, που το μεταβολικό προφίλ ενός αθλούμενου να είναι διαφορετικό, όχι μόνο κατά την άσκηση αλλά και κατά την ηρεμία, από το αντίστοιχο προφίλ ενός μη αθλούμενου.

# Τριφωσφορική αδενοσίνη (ΑΤΡ)

- Η τριφωσφορική αδενοσίνη (ΑΤΡ) είναι η άμεση πηγή ενέργειας, το ενεργειακό νόμισμα, το οποίο χρησιμοποιείται σε βιολογικές διεργασίες, όπως:



# Τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)

- η μυϊκή συστολή και η παραγωγή μηχανικού έργου
- η σύνθεση και αναδόμηση ιστών
- η μεταφορά θρεπτικών συστατικών
- η λειτουργία μηχανισμών ρύθμισης
- η πραγματοποίηση ενδόθερμων αντιδράσεων
- η διατήρηση της θερμοκρασίας

# Τριφωσφορική αδενοσίνη (ΑΤΡ)

- Το **ΑΤΡ** σχηματίζεται, **χρησιμοποιείται** και **επανασυντίθεται** συνεχώς.
- Όταν αυξηθούν οι απαιτήσεις σε ενέργεια, όπως συμβαίνει κατά τη διάρκεια της άσκησης, στο σώμα ξεκινά αμέσως η ενεργοποίηση των μηχανισμών παραγωγής και διάθεσης

## Διαθεσιμότητα ATP

Οι σχετικές ποσότητες αποθηκευμένης ενέργειας, όπως και το σύστημα παραγωγής που χρησιμοποιείται για να σχηματιστεί ATP, εξαρτάται από:

- **την ένταση, τη διάρκεια και τον τύπο της άσκησης,**
- **τη διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων και**
- **το διατροφικό και προπονητικό επίπεδο του αθλητή.**

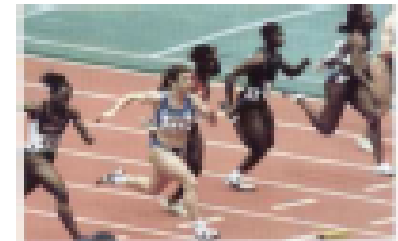
# Ενεργειακές απαιτήσεις της άσκησης

Ρυθμός ανασύνθεσης ATP  
(Από τους μηχανισμούς παραγωγής ενέργειας)

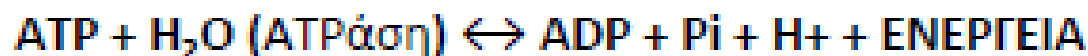
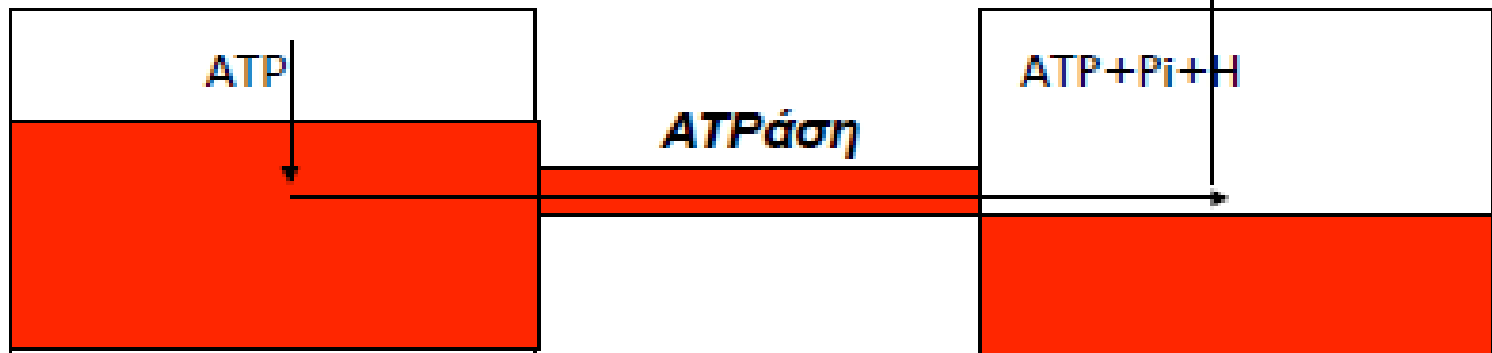
=

Ρυθμός κατανάλωσης ATP  
(Ενεργειακή απαίτηση της άσκησης)

PCr, Γλυκόλυση-γαλακτικό, Αερόβιο συστ.



□



# Βασικά μονοπάτια του ενεργειακού μεταβολισμού- υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες συμμετέχουν τόσο σε αερόβιες όσο και σε αναερόβιες εξεργασίες.

Κατά τη γλυκόλυση, από τη γλυκόζη παράγεται το πυροσταφυλικό. Το πυροσταφυλικό :

- ανάγεται σε **γαλακτικό οξύ**, κάτω από αναερόβιες συνθήκες, (αναερόβια γλυκόλυση) ή
- μετατρέπεται σε **ακετυλοσυνένζυμο Α** και **οξειδώνεται** πλήρως στον κύκλο του KREBS.

# Βασικά μονοπάτια του ενεργειακού μεταβολισμού - λίπη

Τα **λίπη** στη μορφή των τριγλυκεριδίων, υδρολύονται σε:

- λιπαρά οξέα και
- γλυκερόλη

Η γλυκερόλη εισέρχεται στο μονοπάτι της γλυκόλυσης (αυτό συμβαίνει μόνο στο ήπαρ και όχι στους μύς),

τα λιπαρά οξέα μετατρέπονται μέσω της β-οξειδωσης, σε ακετυλοσυνένζυμο Α, το οποίο κατόπιν οξειδώνεται στον κύκλο του KREBS.

# Βασικά μονοπάτια του ενεργειακού μεταβολισμού- πρωτεΐνες

Ο καταβολισμός των **πρωτεϊνών**, παρέχει αμινοξέα τα οποία μπορούν με απόσπαση της αμινοομάδας τους, να μετατραπούν σε:

- ενδιάμεσα προϊόντα του κύκλου του KREBS,
- πυροσταφυλικό (γλυκογενετικά αμινοξέα πχ. αλανίνη)
- ακετυλοσυνένζυμο Α (κετογονικά αμινοξέα πχ. λευκίνη)

# Βασικά μονοπάτια του ενεργειακού μεταβολισμού

Κατά την άσκηση όταν τα αποθέματα του οργανισμού σε **γλυκόζη/ γλυκογόνο** αρχίζουν να μειώνονται, η κινητοποίηση των **λιπιδίων (λιπόλυση)** και των **πρωτεϊνών(πρωτεϊνόλυση)**, εξασφαλίζει την απαραίτητη γλυκόζη στους ιστούς που είναι αδύνατον να λειτουργήσουν χωρίς αυτήν, όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια και λιγότερο το ΚΝΣ.

Παράλληλα τα προϊόντα της λιπόλυσης, (λιπαρά οξέα, γλυκερόλη) και της πρωτεϊνόλυσης, (αμινοξέα) αξιοποιούνται από τους ιστούς σαν μεταβολικά καύσιμα παρέχοντας την απαιτούμενη ενέργεια.



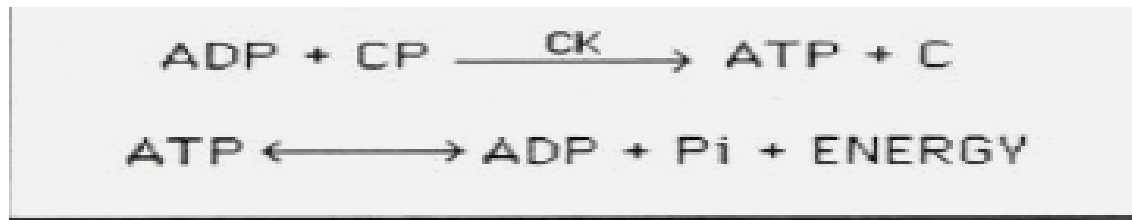
# Συστήματα παραγωγής ενέργειας

Υπάρχουν τρία συστήματα παραγωγής – μεταφοράς αποθηκευμένης ενέργειας για το σχηματισμό ATP:

- Το σύστημα ATP-CP
- Το σύστημα αναερόβιας γλυκόλυσης
- Το αερόβιο σύστημα

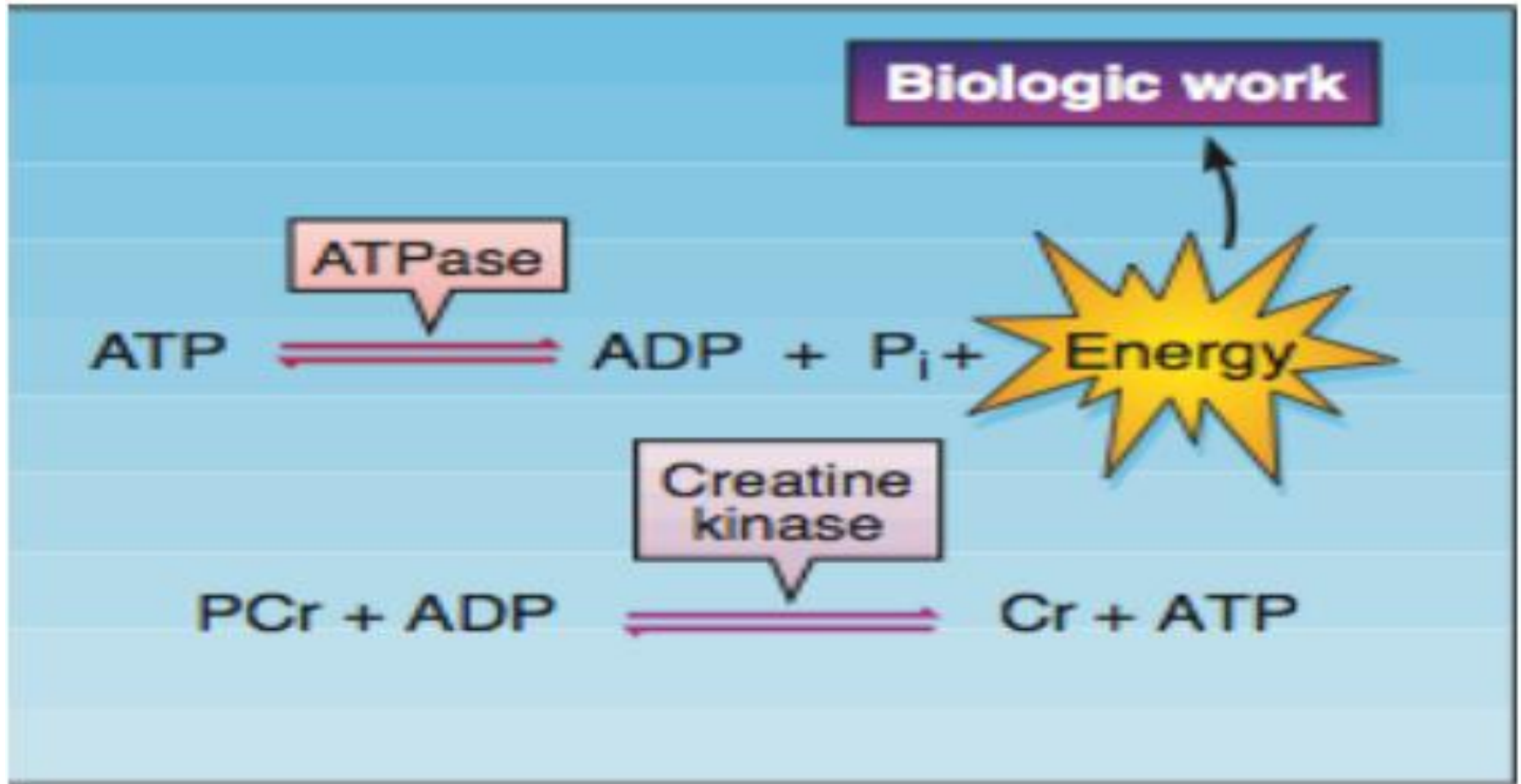
# Σύστημα ATP-CP

- Το **σύστημα ATP-CP** είναι μια γρήγορη διαδικασία σύνθεσης ATP από φωσφοκρεατίνη PC (creatine phosphate) και ADP που δεν απαιτεί οξυγόνο.



- Η κύρια λειτουργία του είναι η διατήρηση των επιπέδων του ATP κατά τα πρώτα δευτερόλεπτα έντονης μυϊκής δραστηριότητας και μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες των μυών για περίπου 3-10 δευτερόλεπτα αφού τα αποθέματα ATP και CP είναι περιορισμένα.

# Σύστημα ATP-CP



# Σύστημα αναερόβιας γλυκόλυσης

- Το **σύστημα αναερόβιας γλυκόλυσης** αφορά στην απελευθέρωση ενέργειας μέσω της διάσπασης της γλυκόζης και το σχηματισμό πυροσταφυλικού και γαλακτικού οξέος.
- Καθοριστικός παράγοντας η συγκέντρωση ATP στους μυς. Η άσκηση αυξάνει το ρυθμό γλυκόλυσης.
- Απαιτούνται ειδικά γλυκολυτικά ένζυμα, όπως η **φωσφοφρουκτοκινάση**, η οποία αποτελεί το βασικό ένζυμο που καθορίζει το ρυθμό της αναερόβιας γλυκόλυσης.

# Αερόβιο ή οξειδωτικό σύστημα

Το **αερόβιο ή οξειδωτικό** σύστημα είναι το πιο σύνθετο και χρησιμοποιεί ως πηγές ενέργειας υδατάνθρακες (γλυκόζη-γλυκογόνο), λίπη (λιπαρά οξέα) και πρωτεΐνες (αμινοξέα). Περιλαμβάνει

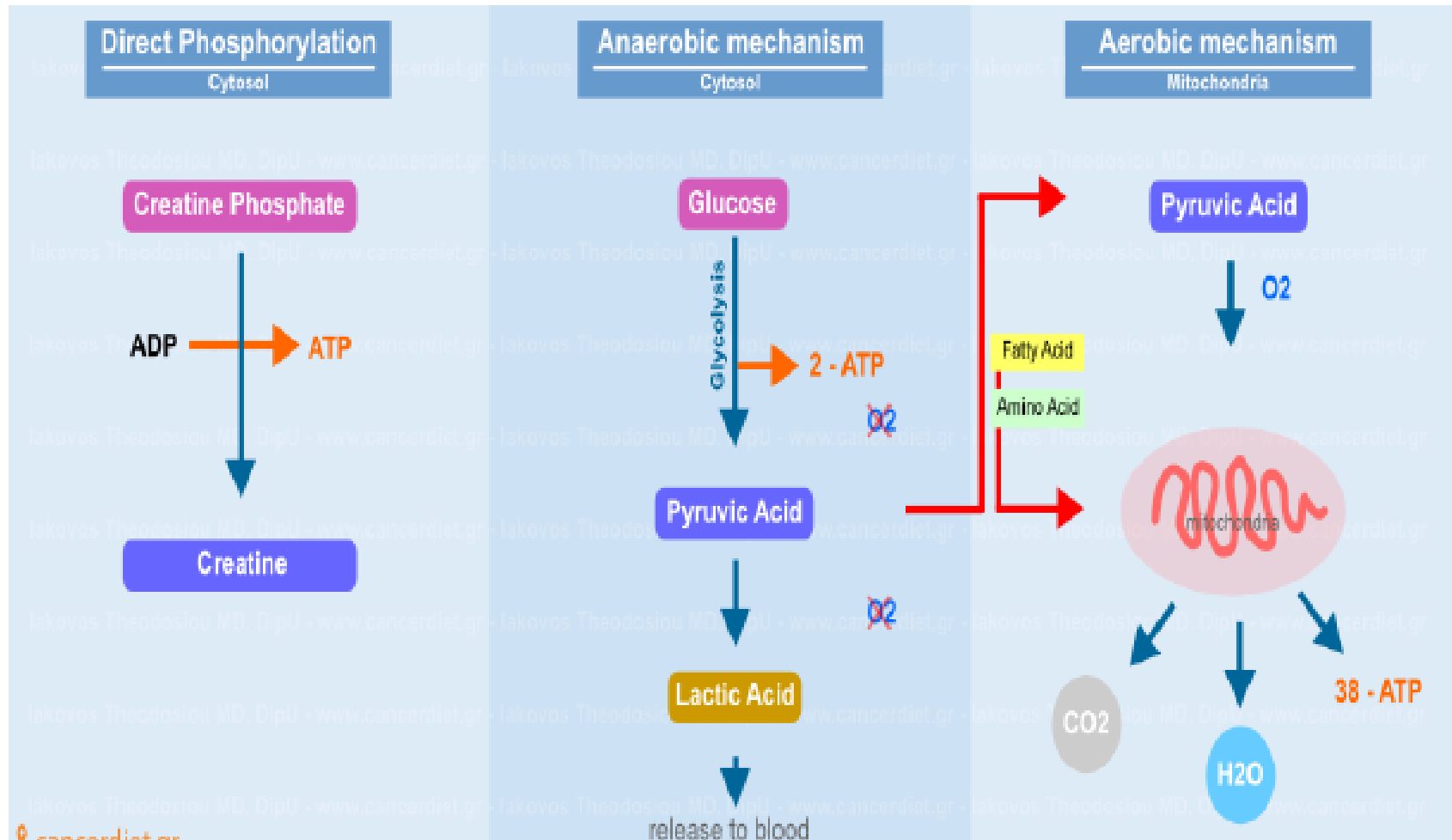
τρεις διαδικασίες - φάσεις:

- Την **αερόβια γλυκόλυση**, όπου παρουσία οξυγόνου το πυροσταφυλικό μετατρέπεται σε ακετυλο-συνένζυμο Α.
- Τον **κύκλο του KREBS**, μια σειρά χημικών αντιδράσεων που επιτρέπουν την πλήρη οξείδωση του ακετυλο-συνενζύμου Α σε υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.

# Αερόβιο ή οξειδωτικό σύστημα

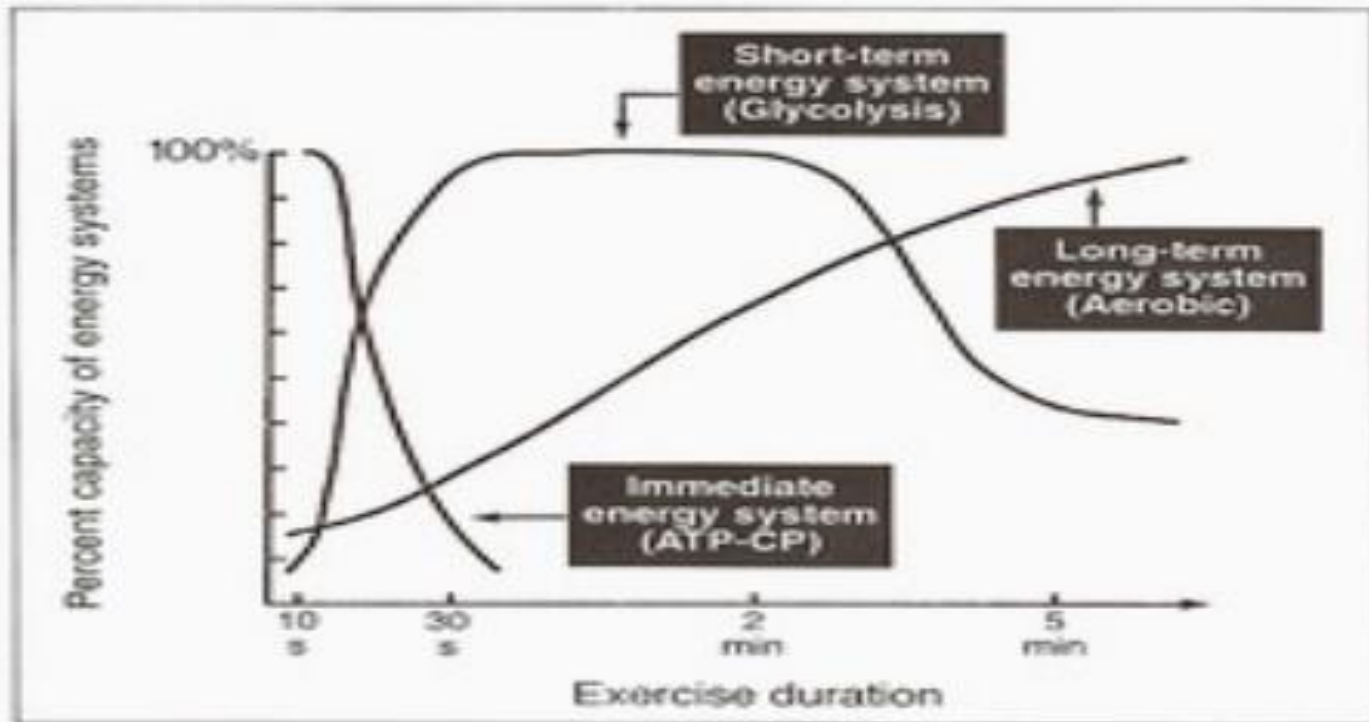
- Την αναπνευστική αλυσίδα ή αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων, όπου τα άτομα υδρογόνου χωρίζονται, παρουσία ενζύμων, σε πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Τα πρωτόνια ενώνονται με το οξυγόνο και σχηματίζουν νερό και τα ηλεκτρόνια μέσα από μια σειρά αντιδράσεων σχηματίζουν **ATP**.

# Ενεργειακά συστήματα



# Συμμετοχή ενεργειακών συστημάτων

**Figure 3-1:** The three systems of energy transfer and their percentage contribution to total energy output during all-out exercise of different durations.



Reference: McArdle, Katch and Katch. (1996). Exercise Physiology. Energy, Nutrition and Human Performance, Williams & Wilkins, Maryland. p. 190.



# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

- Σε **υπερμέγιστες προσπάθειες** που διαρκούν έως **10''** η ενέργεια εξασφαλίζεται πρωταρχικά από τη διάσπαση της **φωσφοκρεατίνης**. Η αναερόβια γλυκόλυση δεν μπορεί να ανταποκριθεί τόσο γρήγορα.

# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

- Σε μέγιστες προσπάθειες που διαρκούν από **30''** έως **2 λεπτά** το μεγαλύτερο ποσοστό της απαιτούμενης ενέργειας παράγεται από την **αναερόβια γλυκόλυση** και ο κάματος προέρχεται κυρίως από την εξάντληση των αποθεμάτων γλυκογόνου, και τη μείωση του pH (οξέωση) του κυτταρικού περιβάλλοντος λόγω συσσώρευσης  $H^+$ .

# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

- Σε μέγιστες προσπάθειες από 5 μέχρι 30 λεπτά επικρατεί ο αερόβιος μεταβολισμός και η μείωση του μυϊκού έργου σχετίζεται με παράγοντες που περιορίζουν την παραγωγή ενέργειας στα μιτοχόνδρια όπως: η ανεπαρκής παραγωγή AcCoA, η μείωση της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης και η μειωμένη παροχή O<sub>2</sub>.

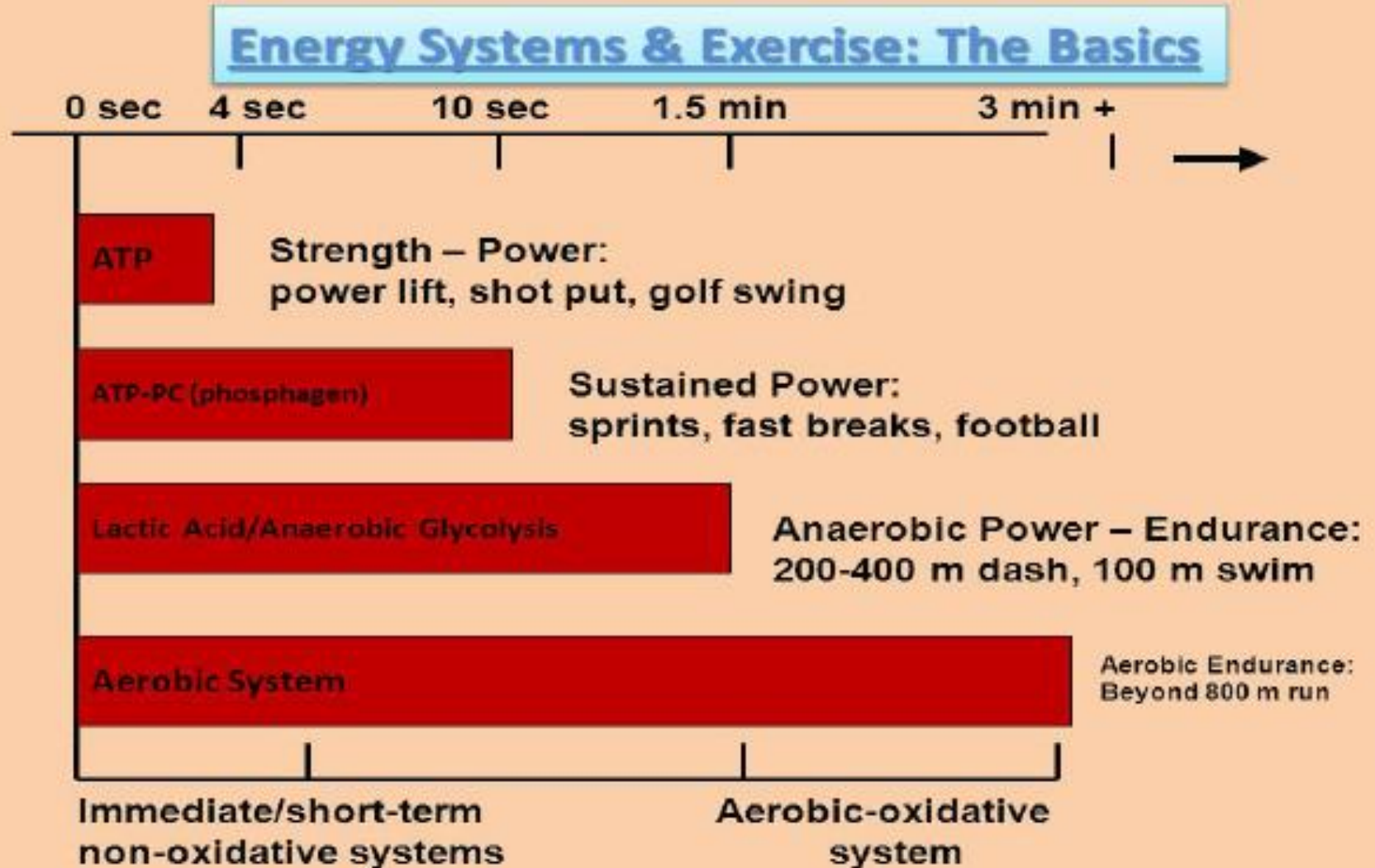
# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

- Σε υπομέγιστες παρατεταμένες προσπάθειες που διαρκούν πάνω από **30 λεπτά** ο κάματος αποδίδεται σε πολλαπλούς παράγοντες όπως: η εξάντληση γλυκογόνου, η αφυδάτωση, η απώλεια ηλεκτρολυτών, η υψηλή θερμοκρασία του σώματος και ή υπογλυκαιμία.

# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

- Μυϊκές προσπάθειες από 10'' μέχρι 30'' και από 2 μέχρι 5 λεπτά αντιπροσωπεύουν μεταβατικές περιόδους από τη διάσπαση της CP στον αναερόβιο και από τον αναερόβιο στον αερόβιο μεταβολισμό αντίστοιχα.

# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας



# Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

## Short-duration exercise



6 seconds

10 seconds

30–40 seconds

End of exercise

ATP stored in muscles is used first.

ATP is formed from creatine phosphate and ADP (direct phosphorylation).

Glycogen stored in muscles is broken down to glucose, which is oxidized to generate ATP (anaerobic pathway).

## Prolonged-duration exercise



Hours

ATP is generated by breakdown of several nutrient energy fuels by aerobic pathway.

# Αθλήματα και συμμετοχή μηχανισμών παραγωγής ενέργειας

**TABLE 6.9**  
*Primary Metabolic Demands of Various Sports*

Sport	Phosphagen system	Anaerobic glycolysis	Aerobic metabolism
Baseball	High	Low	—
Basketball	High	Moderate to high	—
Boxing	High	High	Moderate
Diving	High	Low	—
Fencing	High	Moderate	—
Field events	High	—	—
Field hockey	High	Moderate	Moderate
Football (American)	High	Moderate	Low
Gymnastics	High	Moderate	—
Golf	High	—	—
Ice hockey	High	Moderate	Moderate
Lacrosse	High	Moderate	Moderate
Marathon	Low	Low	High
Mixed martial arts	High	High	Moderate
Powerlifting	High	Low	Low
Skiing:			
Cross-country	Low	Low	High
Downhill	High	High	Moderate
Soccer	High	Moderate	Moderate
Strength competitions	High	Moderate to high	Low
Swimming:			
Short distance	High	Moderate	—
Long distance	—	Moderate	High
Tennis	High	Moderate	—
Track (athletics):			
Short distance	High	Moderate	—
Long distance	—	Moderate	High
Ultra-endurance events	Low	Low	High
Volleyball	High	Moderate	—
Wrestling	High	High	Moderate
Weightlifting	High	Low	Low

**Note:** All types of metabolism are involved to some extent in all activities.

Reprinted, with permission, from N.A. Ratamass, 2008, Adaptations to anaerobic training programs. *In Essentials of Strength Training and Conditioning*, 3rd ed., edited for the National Strength and Conditioning Association by T.R. Baechle and R.W. Earle (Champaign, IL: Human Kinetics), 95.



**Table 3.2 Energy System Contributions in Track-and-Field Performance**

Event	Duration	ATP-CP	GLYCOGEN		Triglyceride (fatty acid)
			Lactic	Aerobic	
100 m	10 sec.	53%	44%	3%	—
200 m	20 sec.	26%	45%	29%	—
400 m	45 sec.	12%	50%	38%	—
800 m	1 min. 45 sec.	6%	33%	61%	—
1,500 m	3 min. 40 sec.	—	20%	80%	—
5,000 m	13 min.	—	12.5%	87.5%	—
10,000 m	27 min.	—	3%	97%	—
Marathon	2 hr. 10 min.	—	—	80%	20%

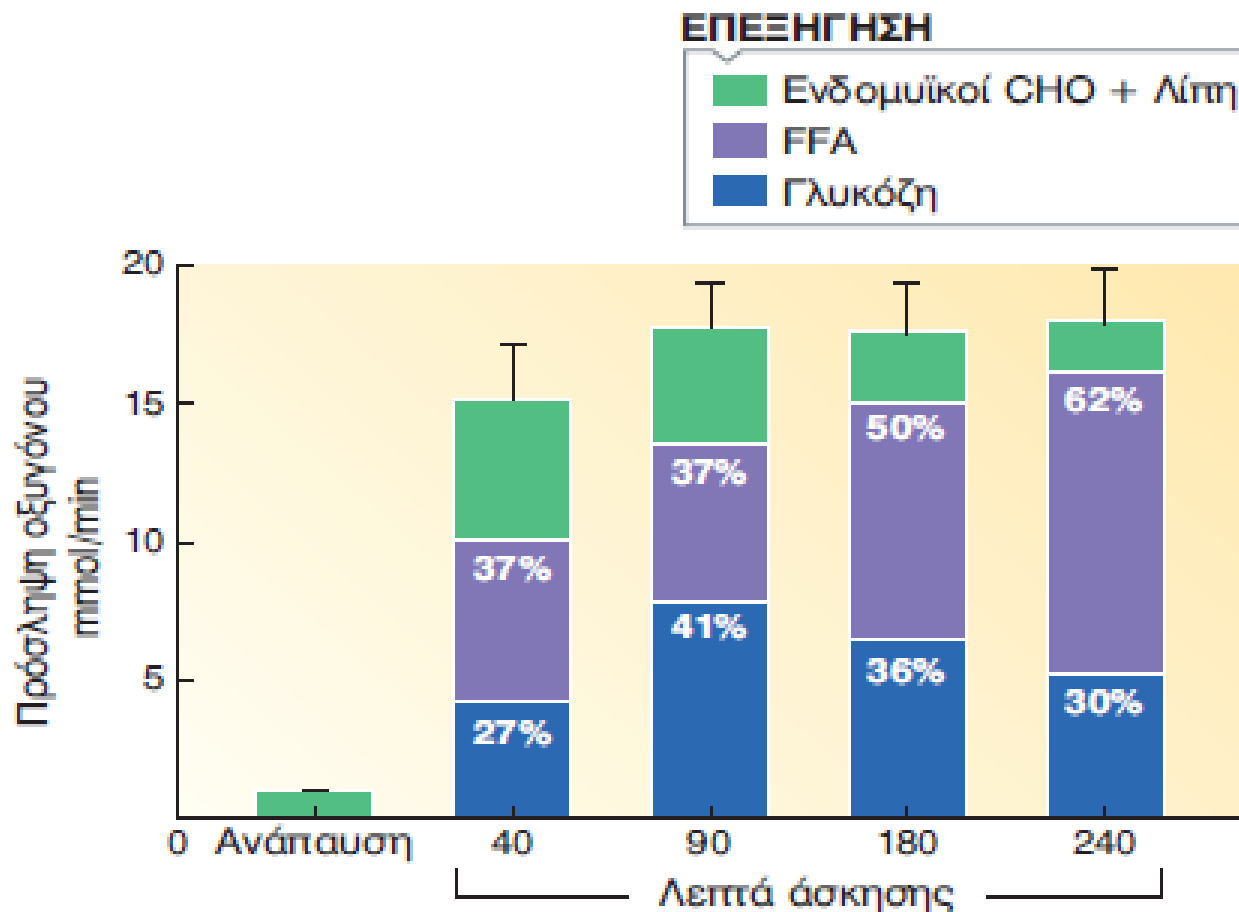
Sources: K.A. van Someren, 2006, The physiology of anaerobic endurance training. In *The physiology of training*, edited by G. Whyte (Oxford, UK: Elsevier), 88; E. Newsholme, A. Leech, and G. Dueter, 1994, *Keep on running: The science of training and performance* (West Sussex, UK: Wiley).

# Η επιλογή πηγών ενέργειας κατά την άσκηση εξαρτάται κυρίως από:

- Την ένταση της άσκησης
- Τη διάρκεια της άσκησης
- Το πρόγραμμα της άσκησης (συνεχόμενη, διαλειμματική, μεταβαλλόμενης έντασης).
- Περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία)

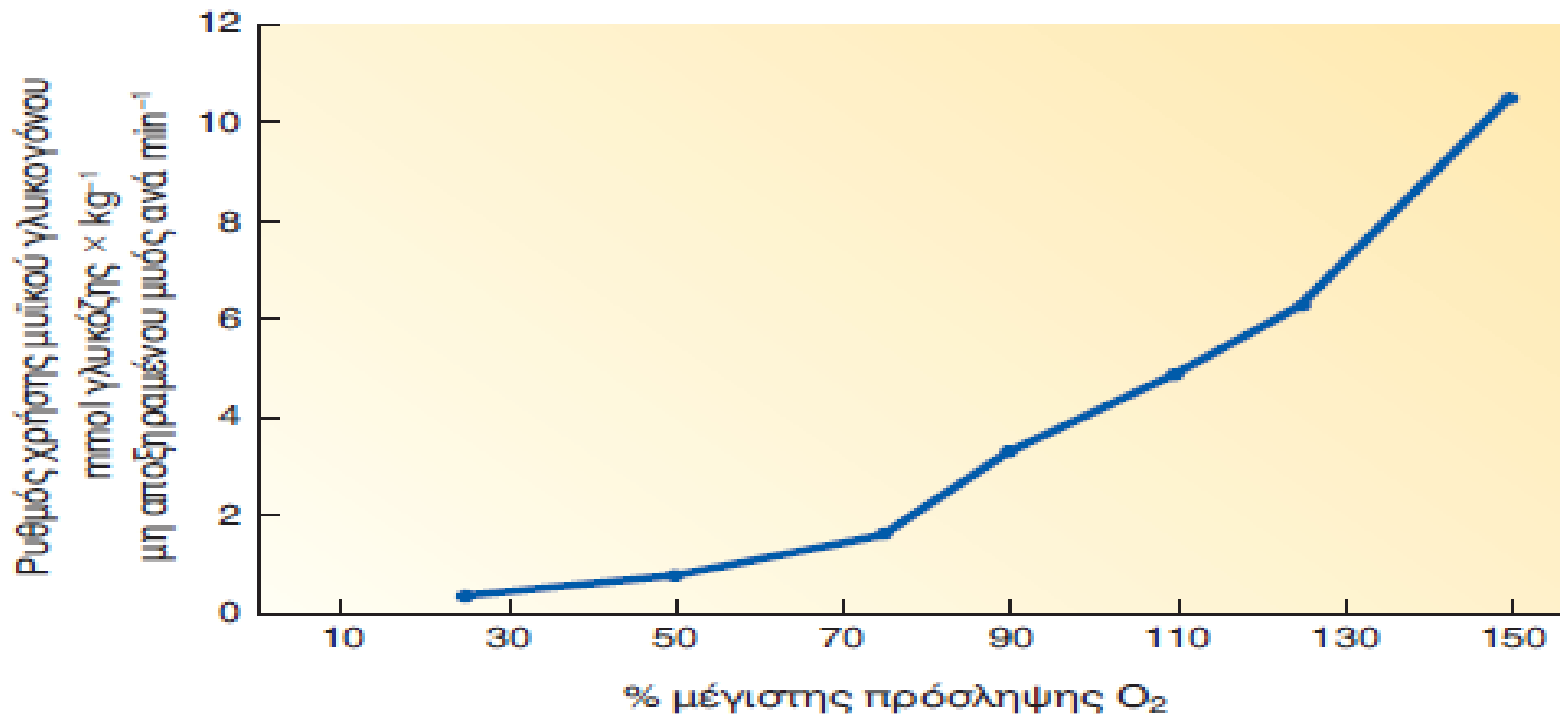
# Η επιλογή πηγών ενέργειας κατά την άσκηση εξαρτάται κυρίως από:

- Το φύλο του ασκουμένου
- Την ηλικία του ασκουμένου
- Την προπονητική κατάσταση του ασκουμένου
- Τη διατροφή του ασκουμένου
- Την κληρονομικότητα



**Εικόνα 5.4** Σχέση της χρήσης καυσίμων με τη διάρκεια της άσκησης. Η συμβολή των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA) και της γλυκόζης αίματος στη συνολική πρόσληψη οξυγόνου από το εργαζόμενο άκρο προσδιορίζεται με την τεχνική της αρτηριοφλεβικής διαφοράς. Θεωρείται ότι τα καύσιμα αυτά οξειδώνονται πλήρως στο μυ όταν απομακρύνονται από το αίμα. Η πρόσληψη οξυγόνου από το άκρο, η οποία δε σχετίζεται με τη χρήση καυσίμων από το αίμα, ισούται με το ρυθμός οξείδωσης των ενδομυϊκών αποθεμάτων (κυρίως μυϊκού γλυκογόνου) (Από Felig P. και J. Wahren, 1975. Fuel homeostasis in exercise. *N. Engl. J. Med.* 293:1078-1084).

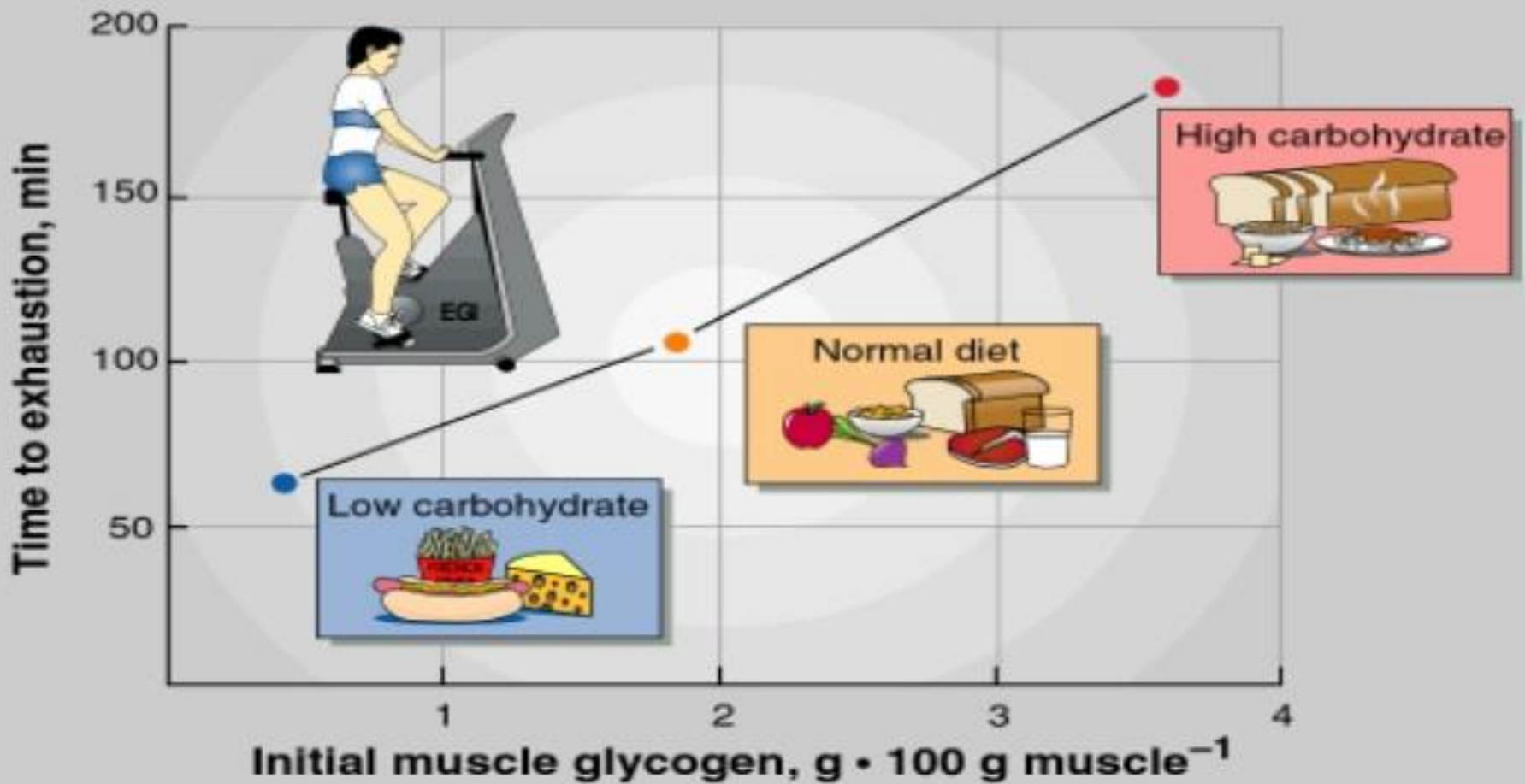
# Σχέση έντασης της άσκησης και γλυκογόνου



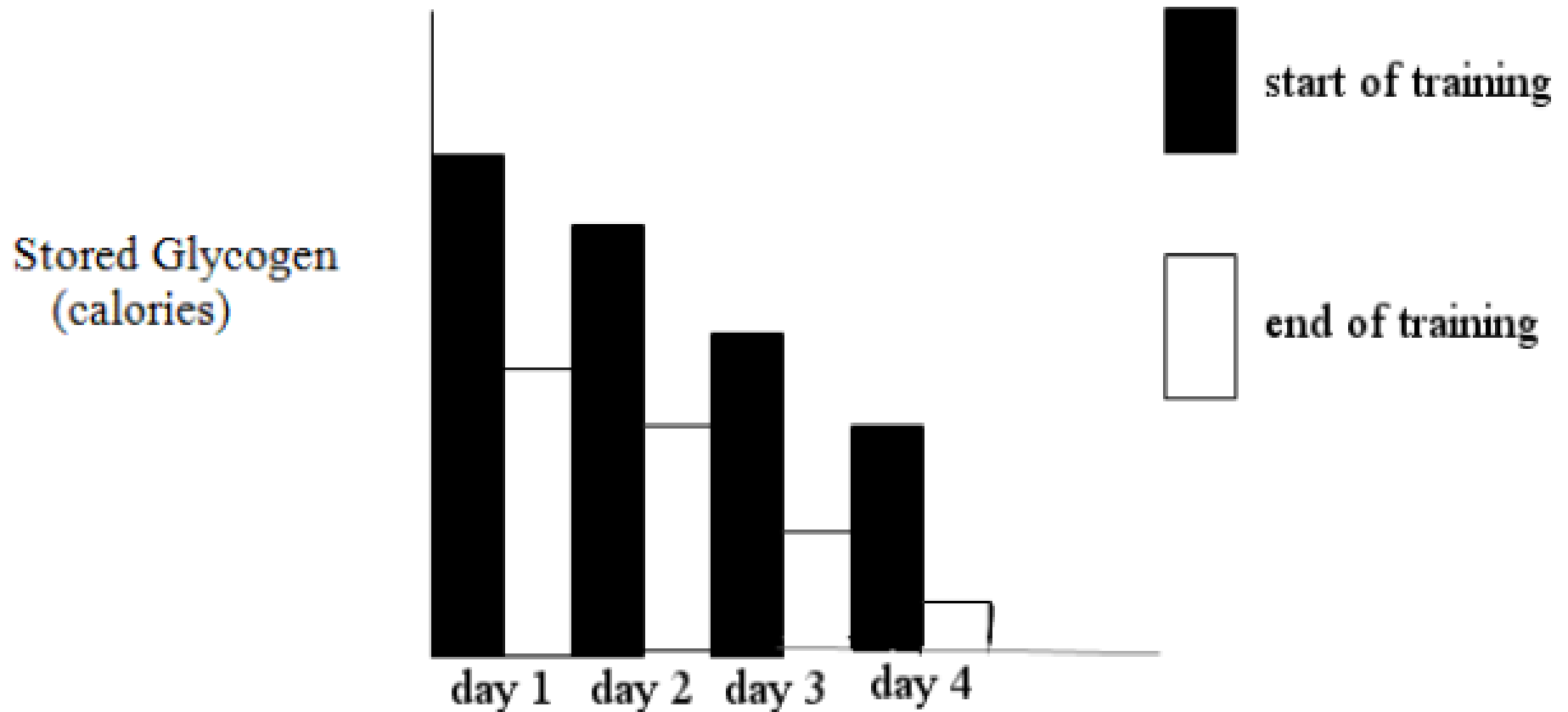
**Εικόνα 5.2** Ο ρόλος του μυϊκού γλυκογόνου στην άσκηση αυξανόμενης έντασης. Ρυθμός χρήσης του μυϊκού γλυκογόνου σε άσκηση αυξανόμενης έντασης εκφρασμένος ως εκατοστιαίο ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Τα στοιχεία προήλθαν από μυϊκές βιοψίες του έξω πλάτους μηριαίου μύος από γυμνασμένα άτομα. (Προσαρμοσμένο από B. Saltin και J. Karlsson, 1971. Glycogen usage during work of varying intensity. Στο *Muscle metabolism during exercise*. Επιμέλεια έκδοσης B. Pernow και B. Saltin. New York: Plenum Press, σελ. 289-299.)

# Σχέση διατροφής - αποθεμάτων γλυκογόνου και άσκησης

9.9. Classic experiment on the effects of a low carbohydrate diet.



# Η σημασία της αναπλήρωσης γλυκογόνου



# Γαλακτικό

- Η παραγωγή γαλακτικού (σε αναερόβιες συνθήκες) από το πυροσταφυλικό, αποδεικνύεται σωτήρια, αφού το γαλακτικό, είναι αναγκαστικός δέκτης ατόμων υδρογόνου κατά την αναερόβια γλυκόλυση και με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν να συνεχιστεί η μυϊκή λειτουργία.
- το οξυγόνο είναι ο νομότυπος δέκτης τους κάτω από αερόβιες συνθήκες.



# Γαλακτικό

- Το γαλακτικό μεταφέρεται στο ήπαρ και αξιοποιείται για την παραγωγή γλυκόζης μέσω του κύκλου Cori (Cori cycle).
- Όταν το γλυκογόνο εξαντλείται στους εργαζόμενους μύς, οι μη εργαζόμενοι μύς, διασπούν μικρή ποσότητα από το γλυκογόνο τους σε γαλακτικό, ώστε να συνεισφέρουν στην παραγωγή ενέργειας.

# Κύκλος Cori (γλυκόζης - γαλακτικού)

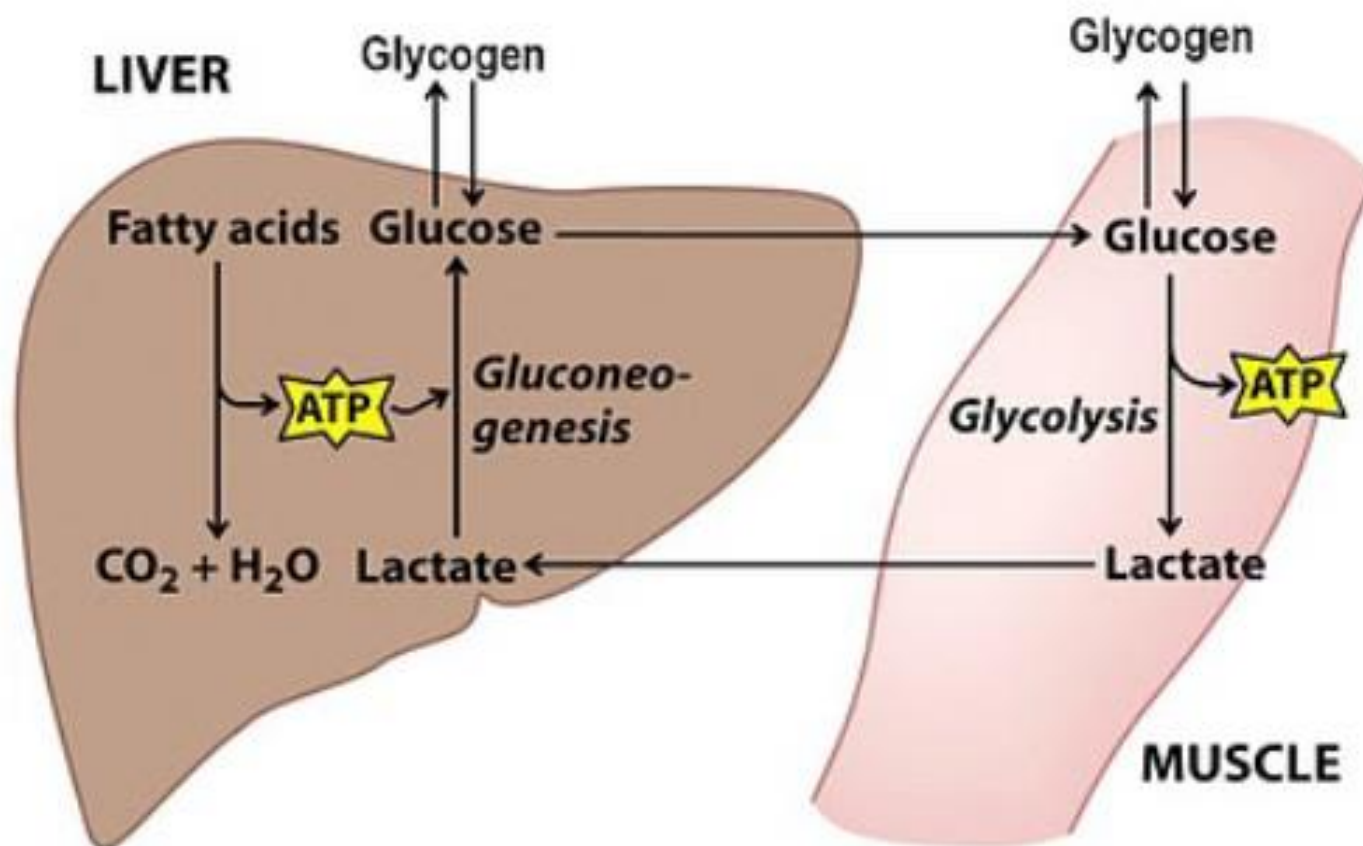
- Η μυϊκή εργασία οδηγεί σε σημαντική αύξηση της κατανάλωσης του οξυγόνου, και η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται και από την αναερόβια γλυκόλυση, η οποία οδηγεί σε παραγωγή γαλακτικού οξέος.

Η διαδικασία έχει ως εξής:

# Κύκλος Cori (γλυκόζης - γαλακτικού)

- Η γλυκόζη (μέσω της γλυκόλυσης) μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ.
- Ένα ποσοστό του γαλακτικού οξέος διαχέεται από τα μυϊκά κύτταρα στο αίμα και στη συνέχεια μεταφέρεται στο ήπαρ όπου και μετατρέπεται πάλι σε γλυκόζη.
- Η γλυκόζη απελευθερώνεται στην κυκλοφορία του αίματος και στη συνέχεια, είτε χρησιμοποιείται στους λειτουργούντες μυς για την παραγωγή ενέργειας, είτε αποθηκεύεται σαν γλυκογόνο (σε κατάσταση ηρεμίας).

# Κύκλος Cori (γλυκόζης - γαλακτικού)



# Κύκλος γλυκόζης - αλανίνης

- Κύκλος γλυκόζης-αλανίνης - διασύνδεση του μεταβολισμού των υδατανθράκων - αμινοξέων.
- Όταν οι ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού αυξάνουν ιδιαίτερα σε ασκήσεις μεγάλης διάρκειας, τότε ενεργοποιείται ο ενεργειακός μεταβολισμός των πρωτεϊνών.

# Κύκλος γλυκόζης - αλανίνης

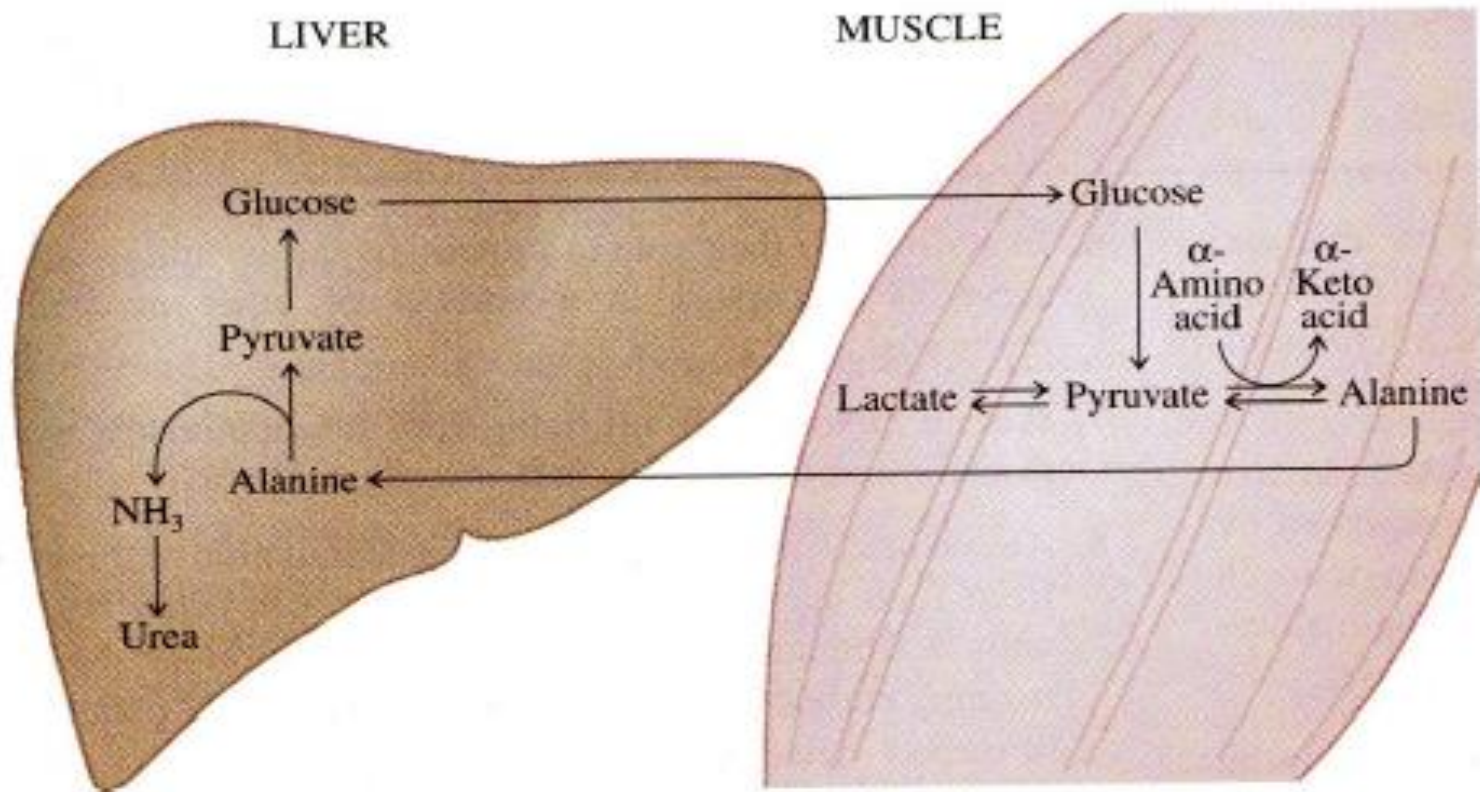
Το αμινοξύ **αλανίνη (γλυκογενετικό αμινοξύ)** χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης ως εξής:

- Η αλανίνη συντίθεται στους μυς από το πυροσταφυλικό, που προέρχεται από το μεταβολισμό της γλυκόζης και τον καταβολισμό των αμινοξέων (κυρίως των BCAAs-αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας).

# Κύκλος γλυκόζης - αλανίνης

- Απελευθερώνεται στην κυκλοφορία του αίματος και μεταφέρεται στο ήπαρ όπου εκεί (χάνοντας την αμινοομάδα) μετατρέπεται σε γλυκόζη μέσω της διαδικασίας της νεογλυκογένεσης.
- Στη συνέχεια η γλυκόζη απελευθερώνεται στο αίμα και μεταφέρεται στους λειτουργούντες μύς για την παραγωγή ενέργειας.
- Τα τμήματα του ανθρακικού σκελετού που προέρχονται από τον καταβολισμό των αμινοξέων από τα οποία παράγεται η αλανίνη, μπορούν στη συνέχεια να οξειδωθούν.

# Κύκλος γλυκόζης - αλανίνης





# Η σχέση προπόνησης και συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα

