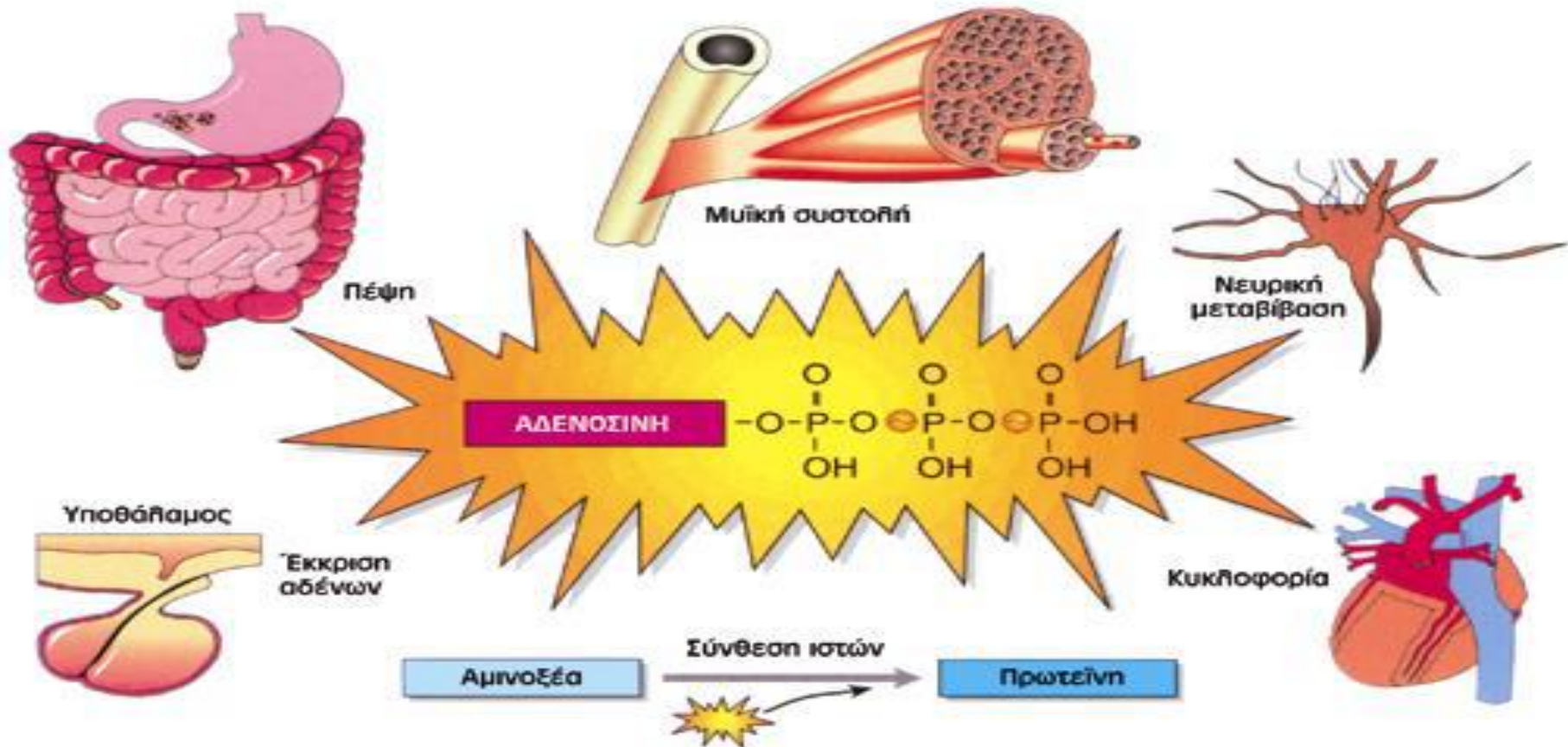


4^ο ΜΑΘΗΜΑ: ΠΗΓΕΣ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

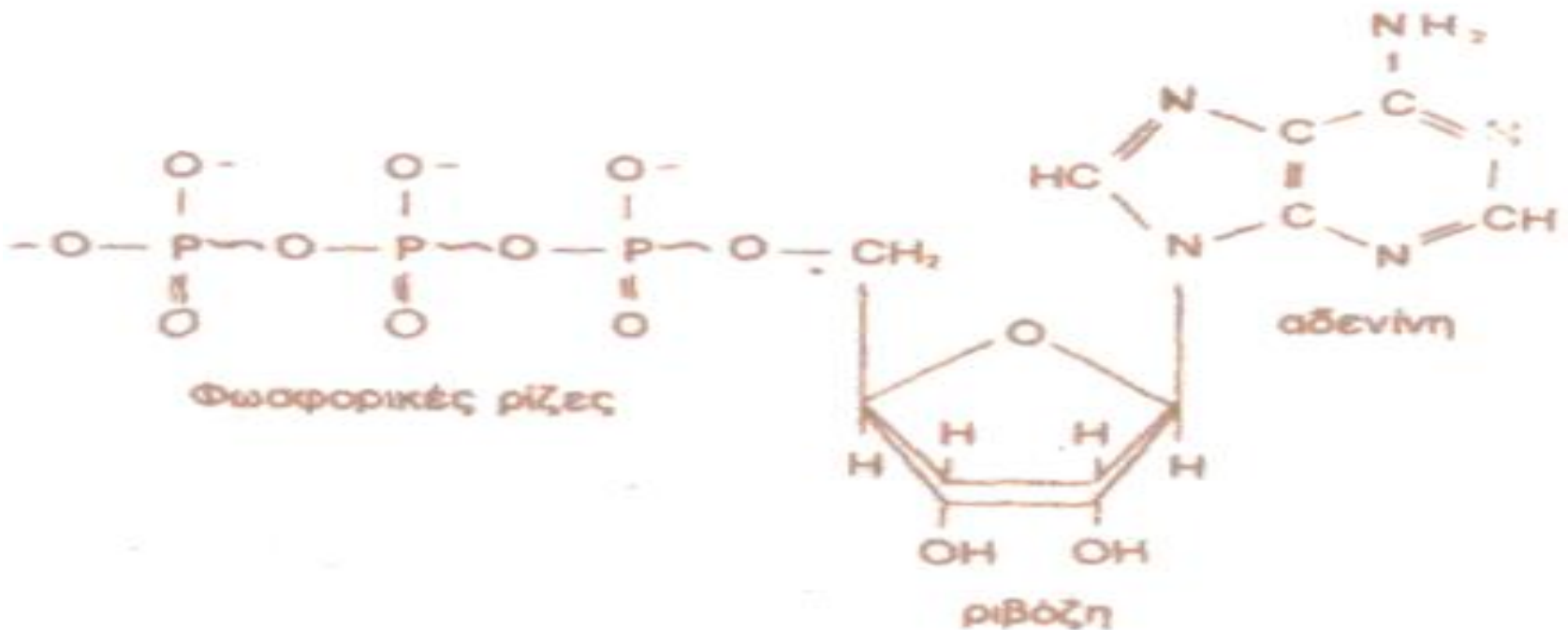


Τριφωσφορική αδενοσίνη (ΑΤΡ)

είναι η άμεση πηγή ενέργειας, το ενεργειακό νόμισμα του κυττάρου:



Τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)



Αναπλήρωση ATP με PC

Φωσφοκρεατίνη :

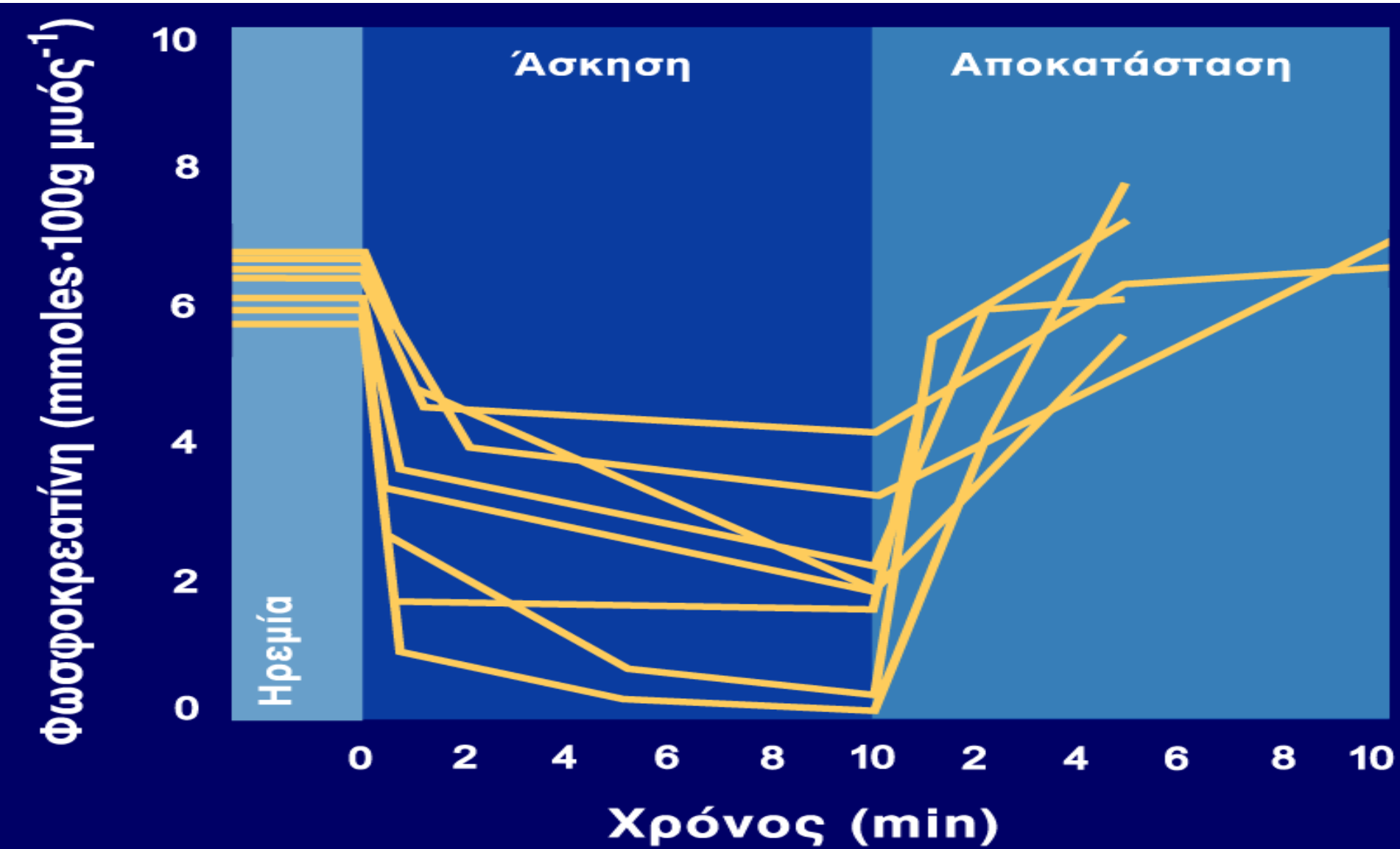
- Αποτελείται από κρεατίνη και φώσφορο
- Ενώνεται με τα μόρια ADP και έτσι ξανασηματίζονται μόρια ATP:



φωσφοκρεατινάση

Το ένζυμο φωσφοκρεατινάση βρίσκεται κοντά στα συσταλτά ινίδια του μυός μεταφέροντας τη φωσφορική ομάδα από τη φωσφοκρεατίνη στη διφωσφορική αδενοσίνη. Η ενζυματική αυτή δραστηριότητα συνεχίζεται μέχρις ότου εξαντληθούν τα αποθέματα φωσφοκρεατίνης

Κατανάλωση της φωσφοκρεατίνης και επανασύνθεση της μετά από έντονη μυϊκή προσπάθεια. Το 75% της φωσφοκρεατίνης ξαναγεννιέται σε 60 δευτερόλεπτα, ενώ το 100% μέσα σε 3 λεπτά.



Επανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης

- Η επανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης γίνεται με την αντιστροφή της αντίδρασης και που συνδέει την κρεατίνη με την ATP.



φωσφοκρεατινιάση

- Αυτή η ATP παράγεται από γλυκογόνο και λίπη που βρίσκονται αποθηκευμένα σε μεγάλες ποσότητες στους μύς και άλλους ιστούς.

Μηχανισμοί παραγωγής ATP

- Η ενέργεια για τη σύνθεση και αναπλήρωση μορίων ATP εμπεριέχει τη μεταφορά τροφής και οξυγόνου από το περιβάλλον στα κύτταρα.
- Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του αναπνευστικού, πεπτικού και κυκλοφορικού συστήματος κάτω από τον έλεγχο του νευρικού και ορμονικού συστήματος.

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.**

ΕΝΕΡΓΕΙΑ → ΕΡΓΟ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

- Τροφή
- Οξυγόνο O₂

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ένζυμα → ATP

ΚΑΥΣΙΜΑ

- **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.**

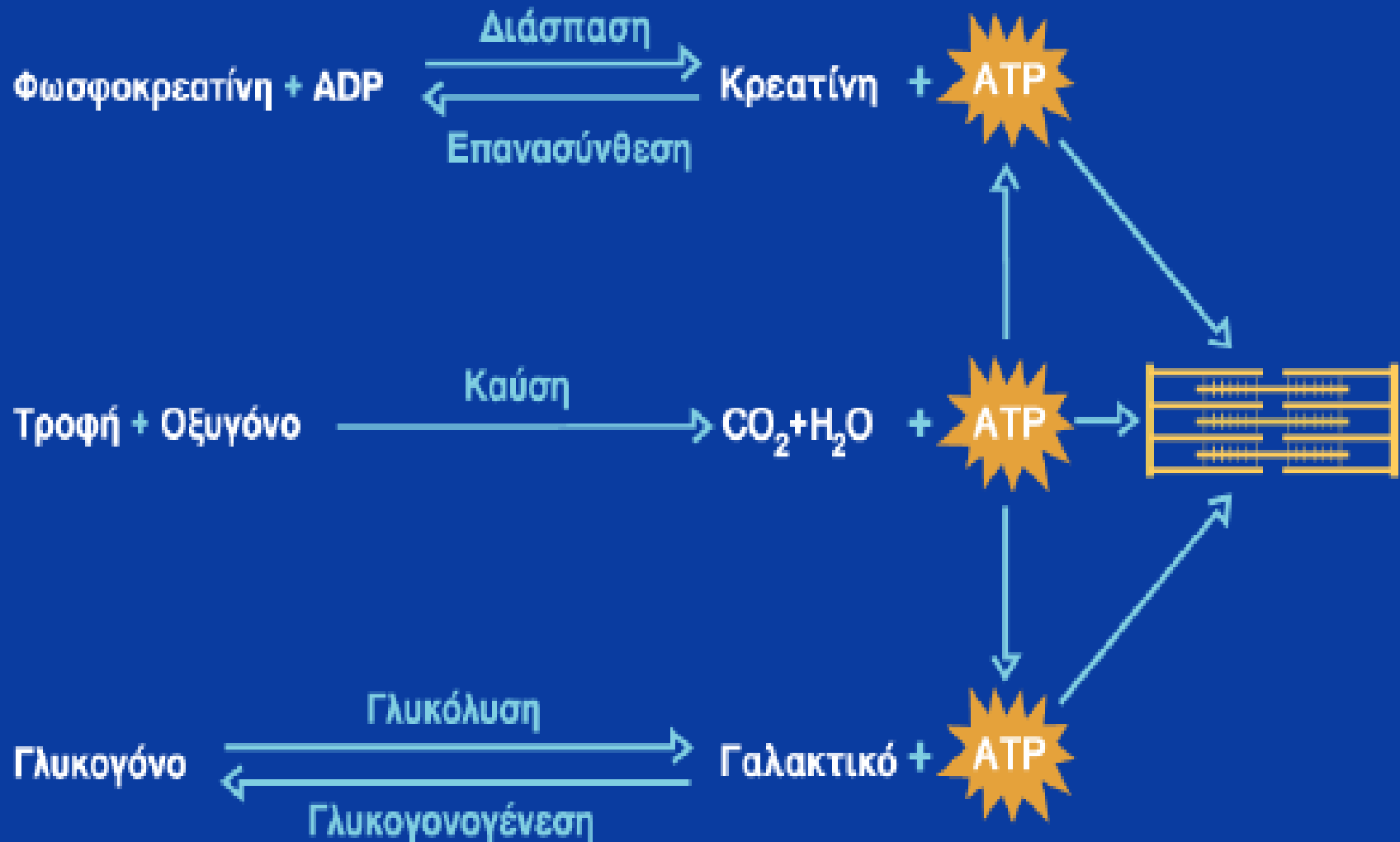
ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

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

ΑΕΡΟΒΙΑ - ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- Γενικά η ενέργεια που χρησιμοποιούμε για την οποιαδήποτε δραστηριότητα παράγεται, είτε με παρουσία του οξυγόνου (**αερόβια**), είτε χωρίς οξυγόνο (**αναερόβια**).

Μηχανισμοί παραγωγής ATP

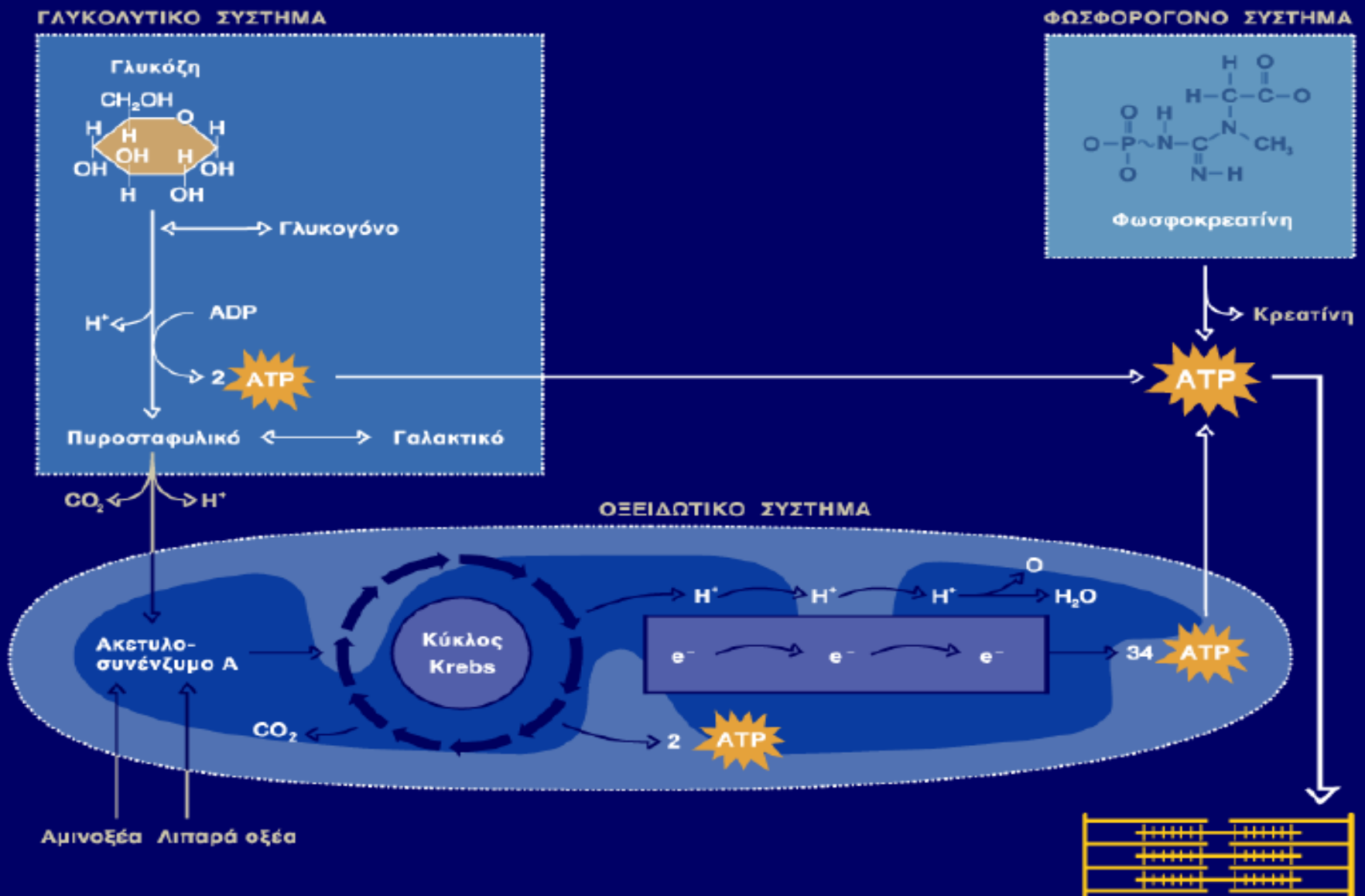


Συστήματα παραγωγής ενέργειας

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

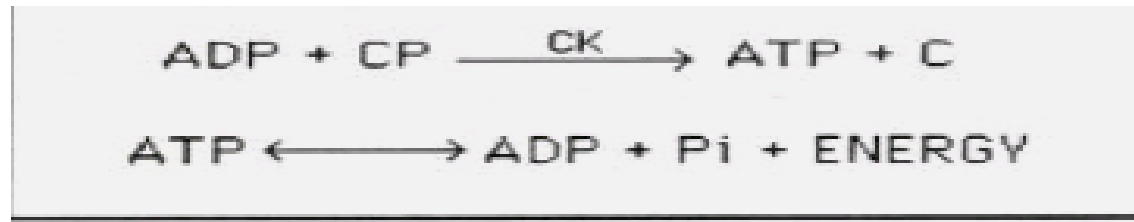
- ▣ Το σύστημα **ATP-CP**
- ▣ Το σύστημα **αναερόβιας γλυκόλυσης**
- ▣ Το **αερόβιο σύστημα**

Μηχανισμοί παραγωγής ATP



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 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 μύς. 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 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

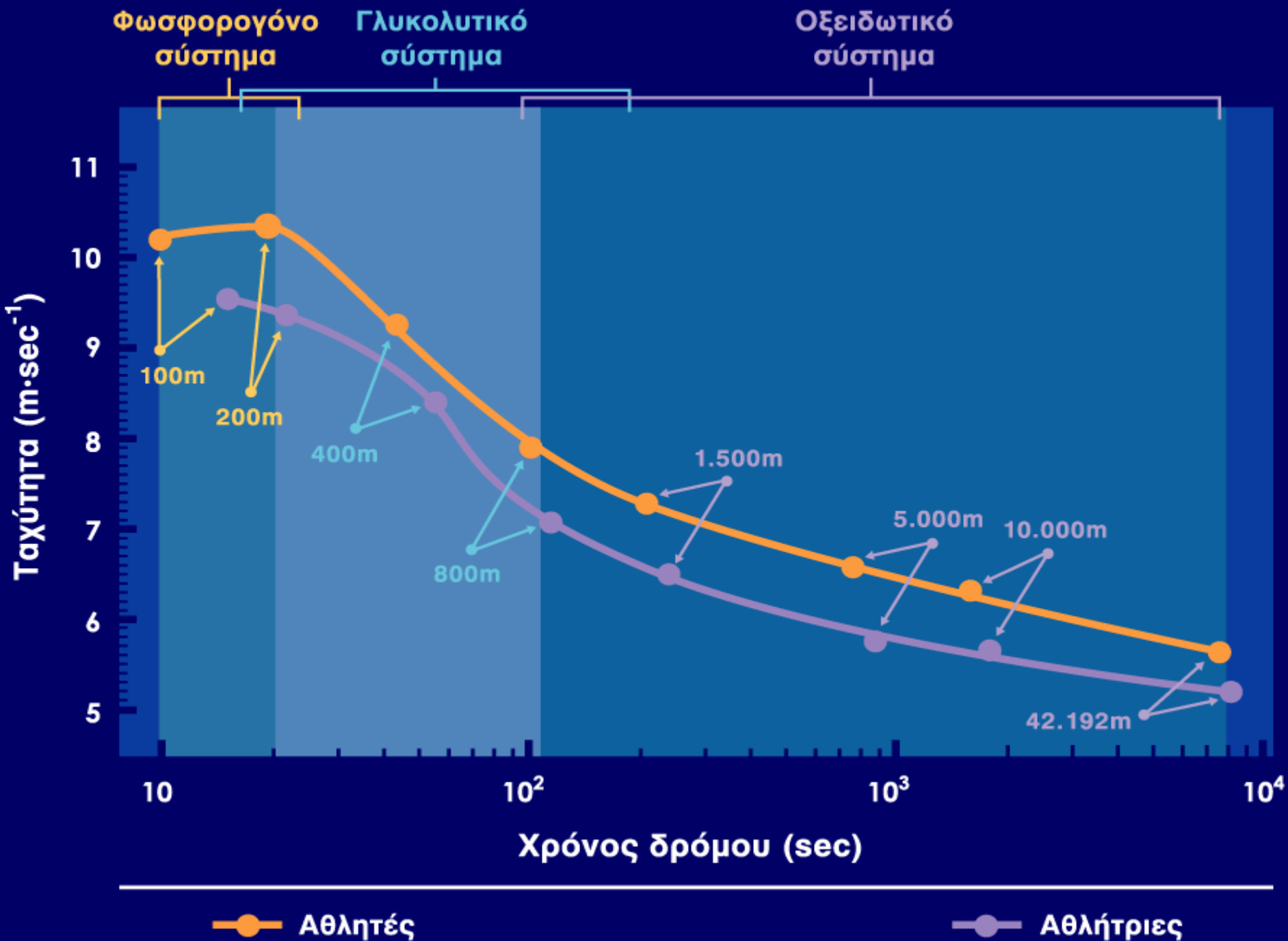
- Σε μέγιστες προσπάθειες από 5 μέχρι 30 λεπτά επικρατεί ο **αερόβιος** μεταβολισμός και η μείωση του μυϊκού έργου σχετίζεται με παράγοντες που περιορίζουν την παραγωγή ενέργειας στα μιτοχόνδρια όπως: η μείωση της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης και η μειωμένη παροχή O₂.

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.

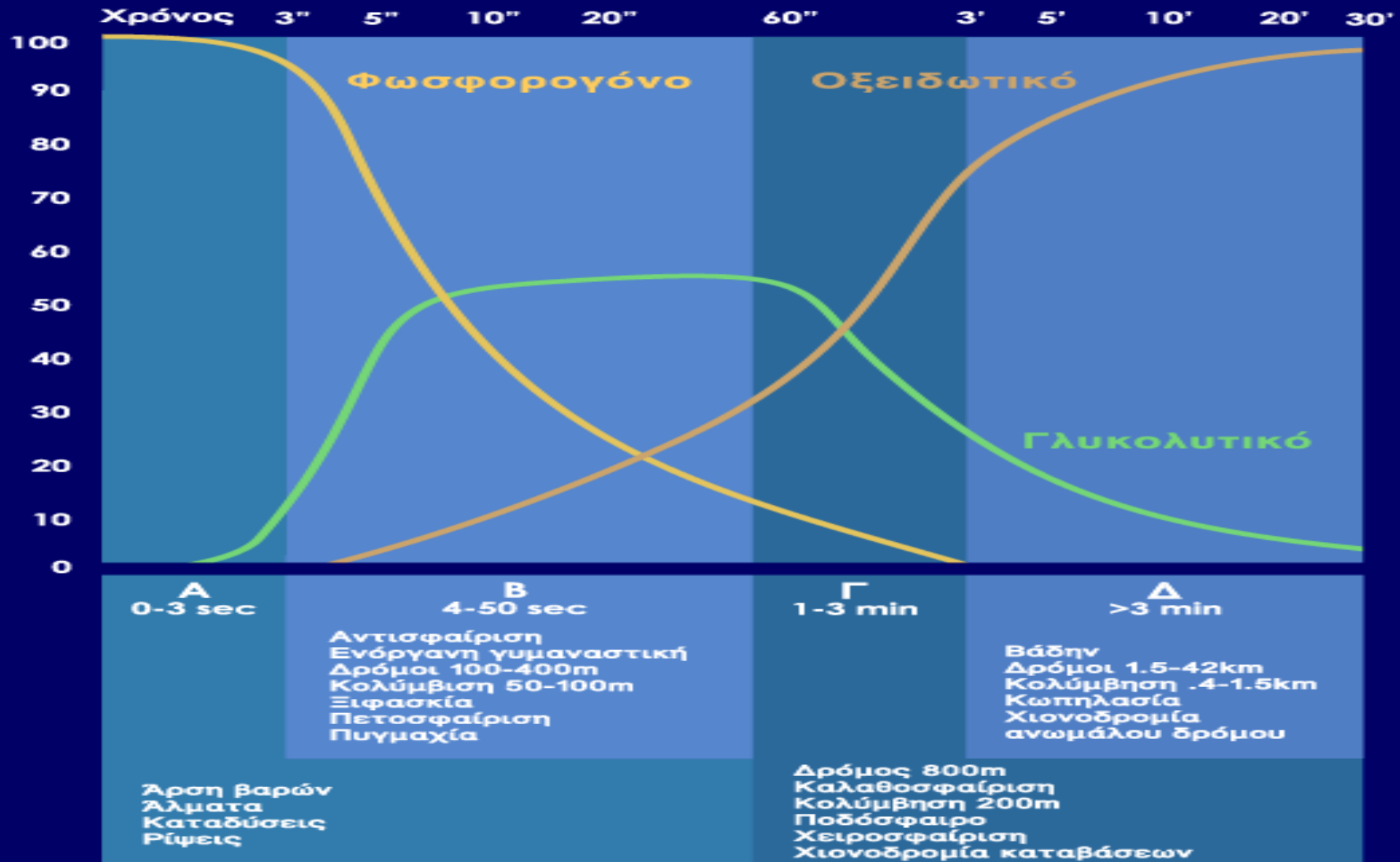
Ενεργειακά όρια της μυϊκής προσπάθειας

- 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.

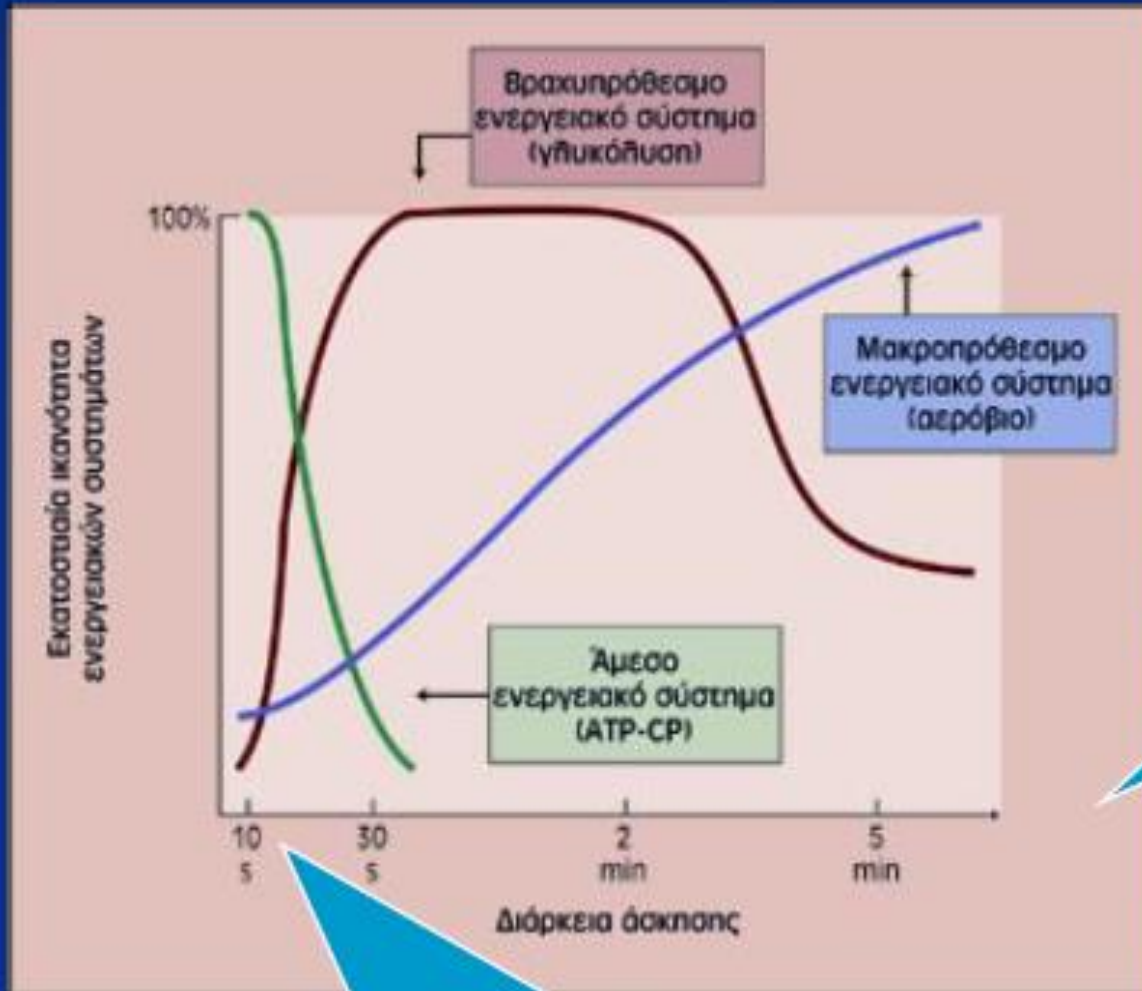


Ποσοστιαία συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στην ολική παραγωγή ενέργειας, κατά την εξαντλητική μυϊκή προσπάθεια διαφορετικής διάρκειας.

% Συμμετοχής ενεργειακών συστημάτων



Συμμετοχή ενεργειακών μηχανισμών στην αθλητική απόδοση

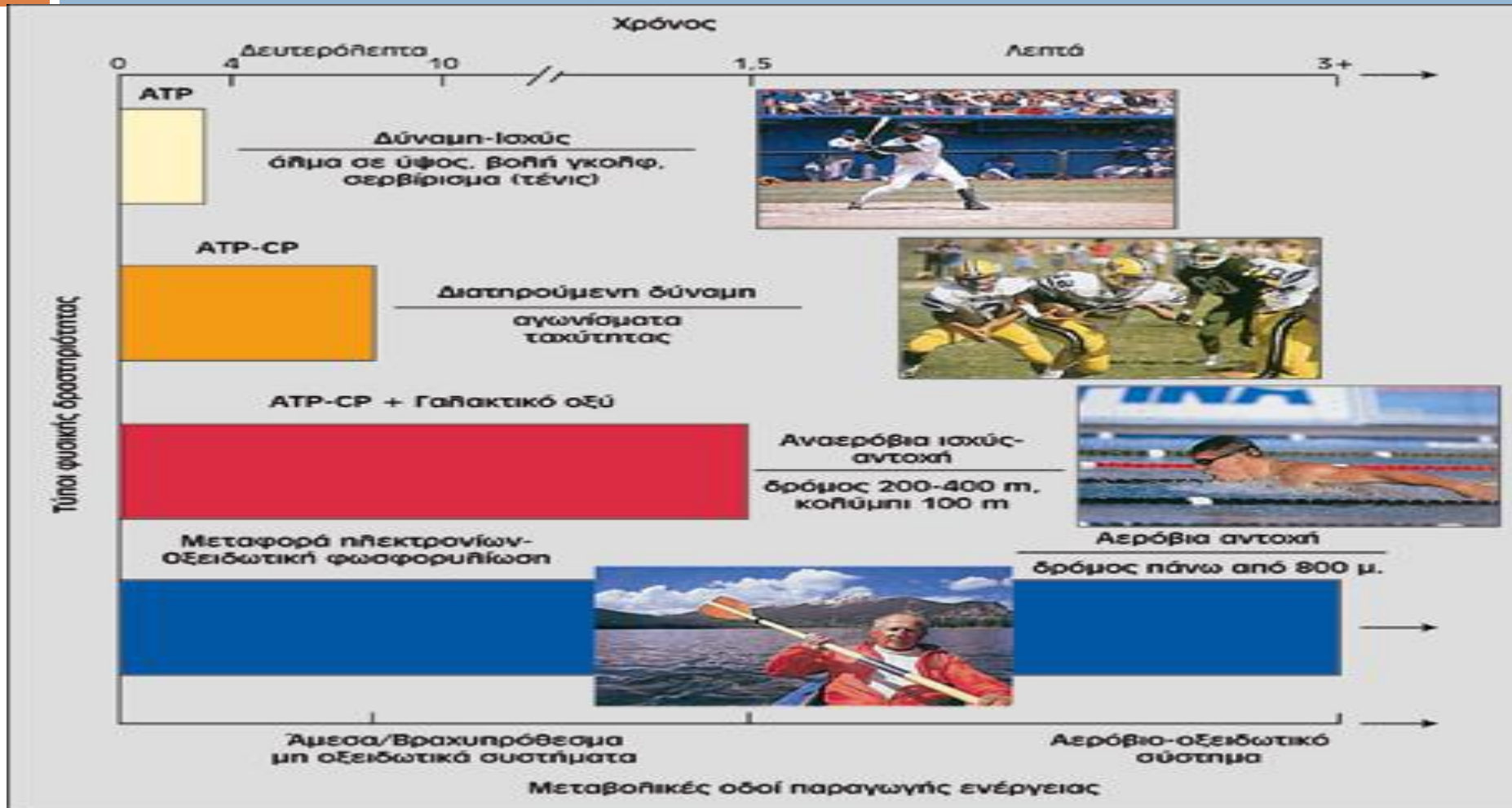


Συνολικός χρόνος άσκησης

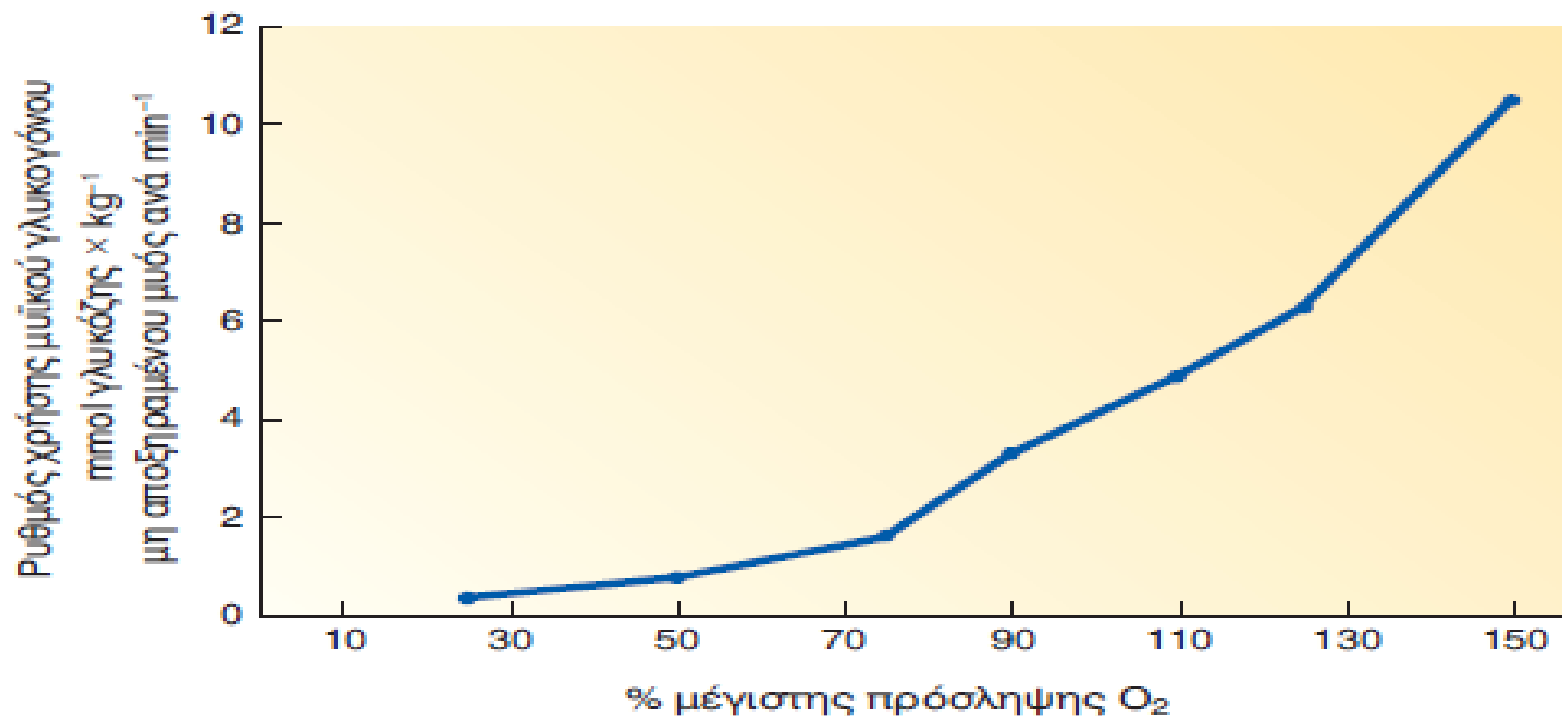
Κρίσιμες φάσεις στην πετοσφαίριση

(Φυσιολογία της Άσκησης,
McArdle et al., 2001)

Αθλητική Απόδοση & Ενεργειακά συστήματα



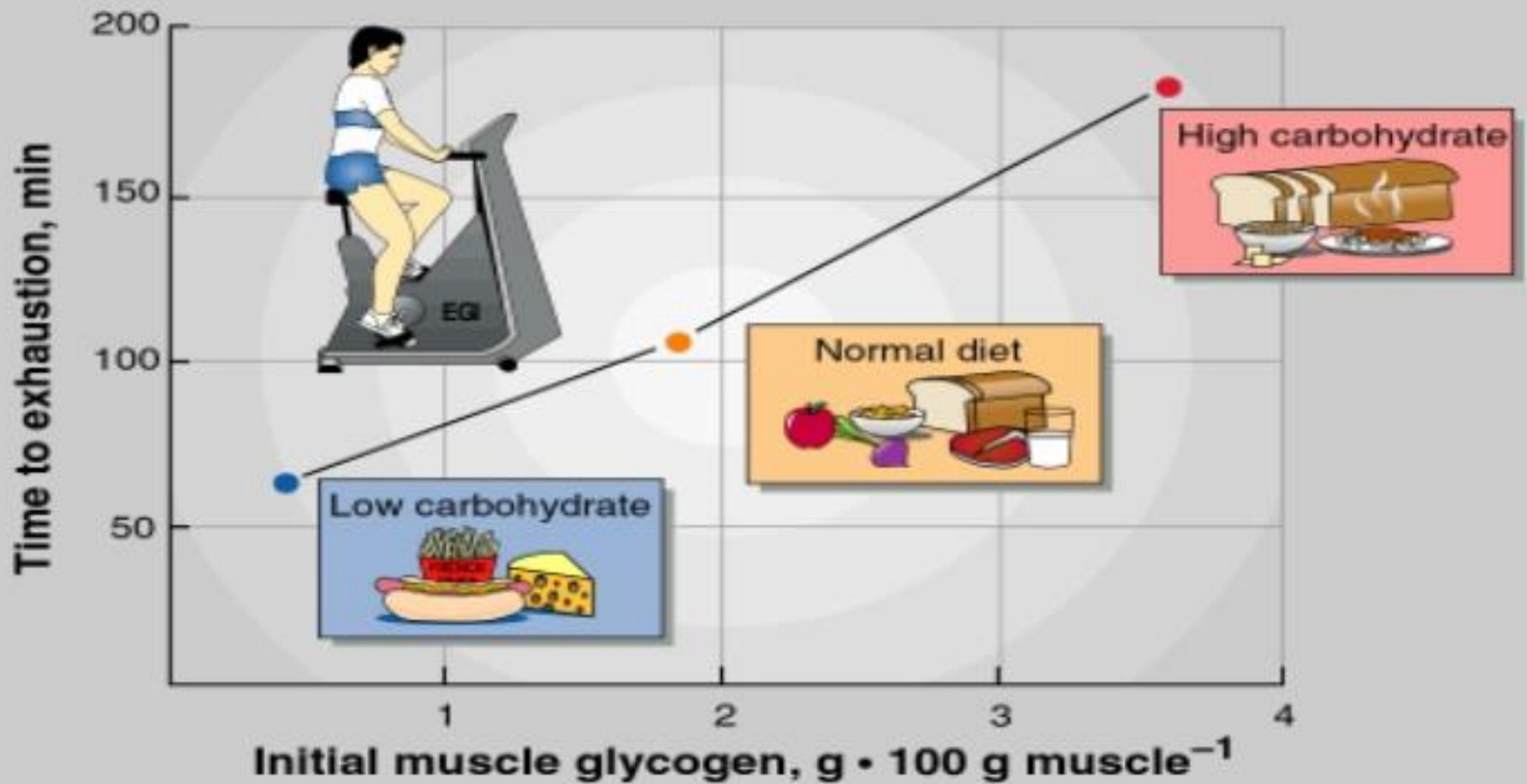
Σχέση έντασης της άσκησης και γλυκογόνου



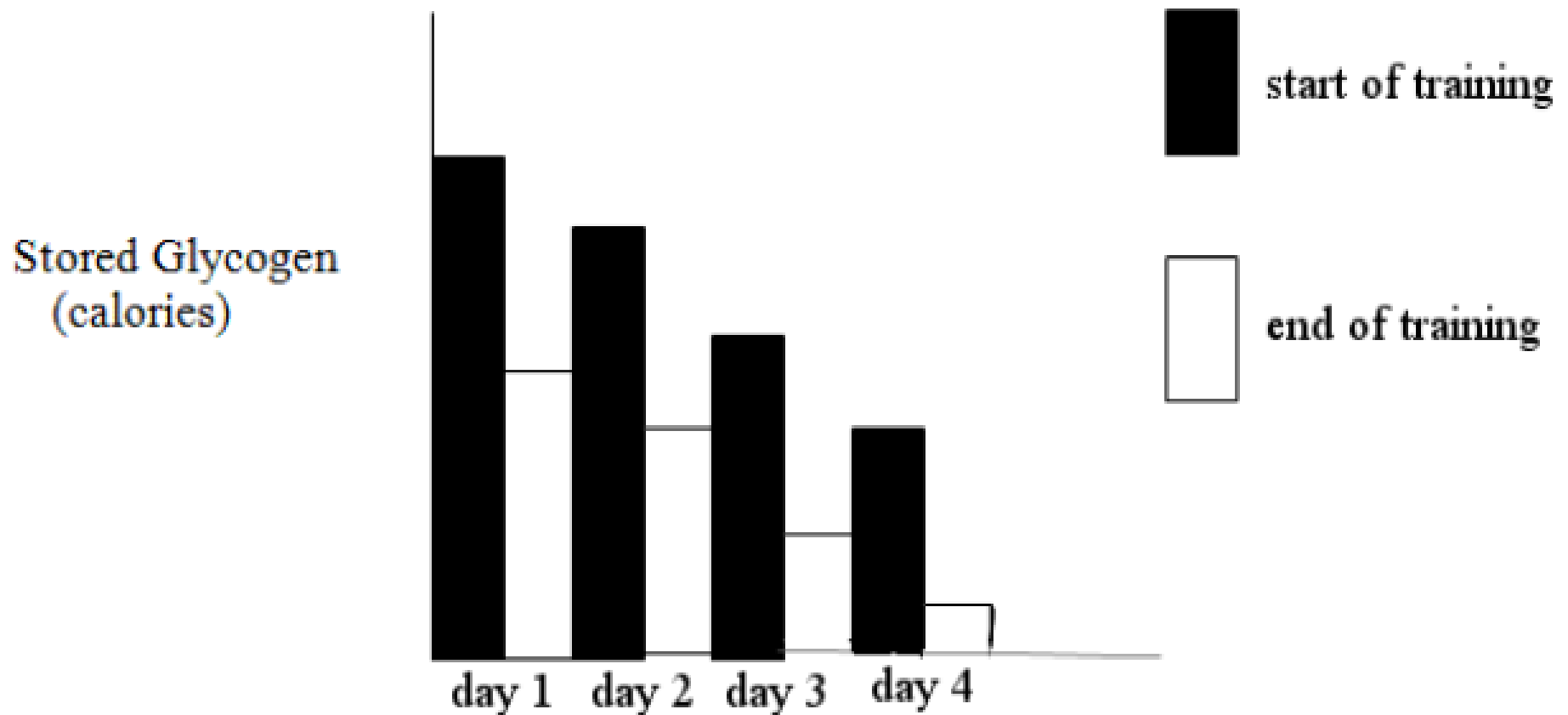
Εικόνα 5.2 Ο ρόλος του μυϊκού γλυκογόνου στην άσκηση αυξανόμενης έντασης. Ρυθμός χρήσης του μυϊκού γλυκογόνου σε άσκηση αυξανόμενης έντασης εκφρασμένος ως εκατοστιαίο ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Τα στοιχεία προήλθαν από μυϊκές βιοψίες του έξω πλάτους μηριαίου μύος από γυμνασμένα άτομα. (Προσαρμοσμένο 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



- Τι ποσοστό του χρόνου προπόνησης, πρέπει να αφιερώνεται για την ανάπτυξη της αναερόβιας αγαλακτικής, της αναερόβιας γαλακτικής και της αερόβιας ικανότητας;

- Στη διαλειμματική προπόνηση ποια πρέπει να είναι η αναλογία του χρόνου της άσκησης προς το χρόνο του διαλείμματος;

□ Πόσος χρόνος απαιτείται για την αποκατάσταση του οργανισμού μετά από έντονη εξαντλητική προσπάθεια

Μεταβολική διεργασία κατά τη φάση της αποκατάστασης	Απαιτούμενος χρόνος για αποκατάσταση		
	50%	75%	100%
Επανασύνθεση φωσφοκρεατίνης	30sec	1min	3min.
Απομάκρυνση γαλακτικού οξέος	15min	30min	1 1/2ώρα
Επανασύνθεση μυϊκού γλυκογόνου	5 ώρες	10 ώρες	46 ώρες