

Άσκηση και μεταβολισμός υδατανθράκων-επίδραση
της προπόνησης στην απορρόφηση της γλυκόζης-
ορμόνες αργής δράσης

Θανάσης Τζιαμούρτας, Ph.D.
Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης

Σκοπός

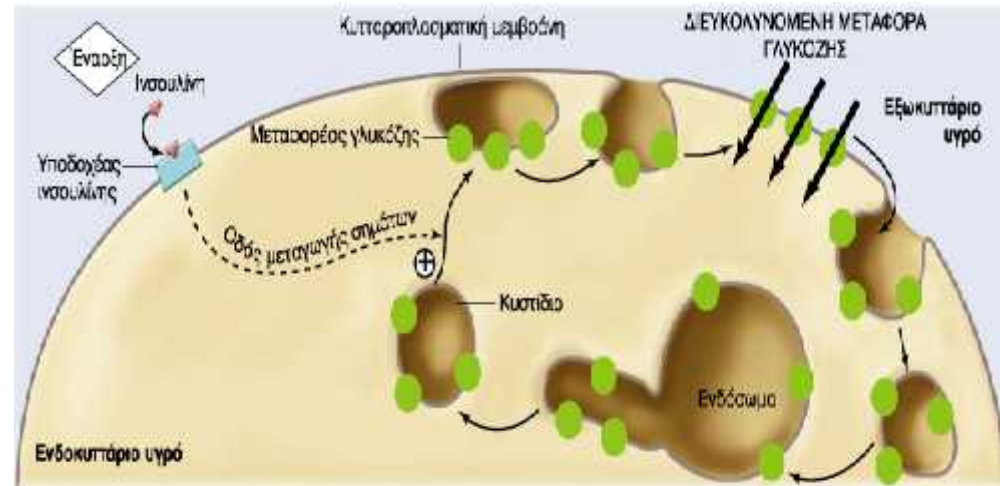
- Σκοπός αυτού του μαθήματος είναι να παρουσιάσει το ρόλο που παίζουν ορισμένες ορμόνες στην απορρόφηση της γλυκόζης καθώς επίσης και την επίδραση που έχει η συστηματική άσκηση στο μεταβολισμό των υδατανθράκων

Τι γνωρίζουμε

- Η ινσουλίνη οδηγεί σε είσοδο της γλυκόζης στο εσωτερικό του κυττάρου.
- Τα επίπεδα της ινσουλίνης μειώνονται με την άσκηση.
- Η είσοδος της γλυκόζης κατά τη διάρκεια της άσκησης αυξάνεται.

Πως είναι δυνατόν να υπάρχει αυξημένη είσοδος γλυκόζης στο κύτταρο όταν τα επίπεδα της ινσουλίνης κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι μειωμένα;

1. Αύξηση παροχής αίματος στον ασκούμενο μυ.
2. Μεταβολές στον αριθμό και ρυθμό δράσης των μεταφορέων γλυκόζης.



Αυξημένη παροχή αίματος στον ασκούμενο μυ

- Η αυξημένη παροχή αίματος έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η παροχή γλυκόζης και ινσουλίνης προς τον ασκούμενο μυ.
- Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργείται μεγαλύτερη διαφορά συγκέντρωσης μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του κυττάρου (gradient)
- Αυξάνεται το ποσοστό της εισόδου της γλυκόζης στο κύτταρο με τη διαδικασία της υποβοηθούμενης διάχυσης (facilitated diffusion).

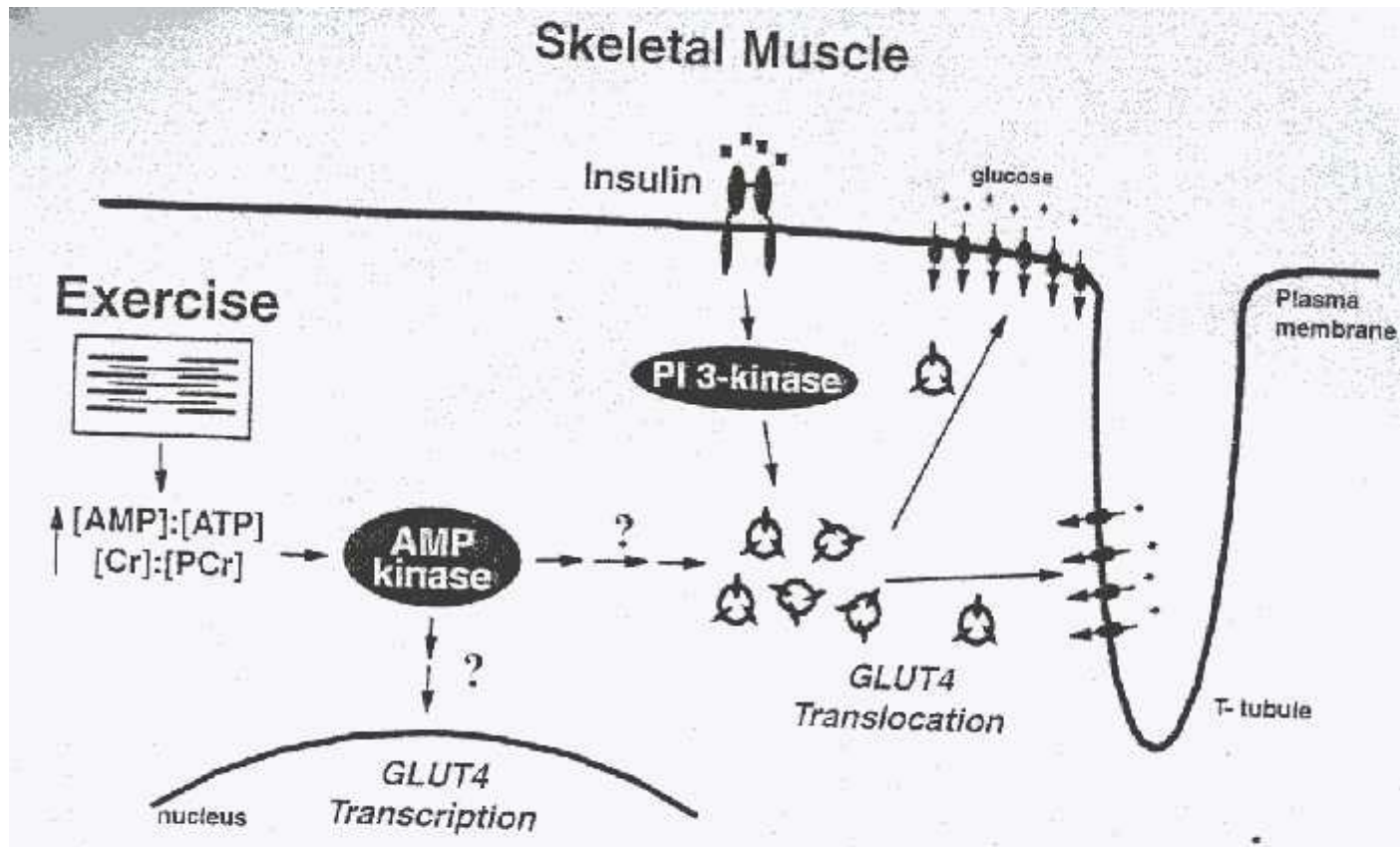
Μεταβολές στον αριθμό και ρυθμό δράσης των μεταφορέων γλυκόζης.

- Η μυϊκή συστολή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ενεργοποίηση του γονιδίου για την έκφραση των μεταφορέων γλυκόζης GLUT-4.
- Αυξημένη γονιδιακή έκφραση και συγκέντρωση πρωτεΐνης.

Η επίδραση της άσκησης και της ινσουλίνης είναι αθροιστική

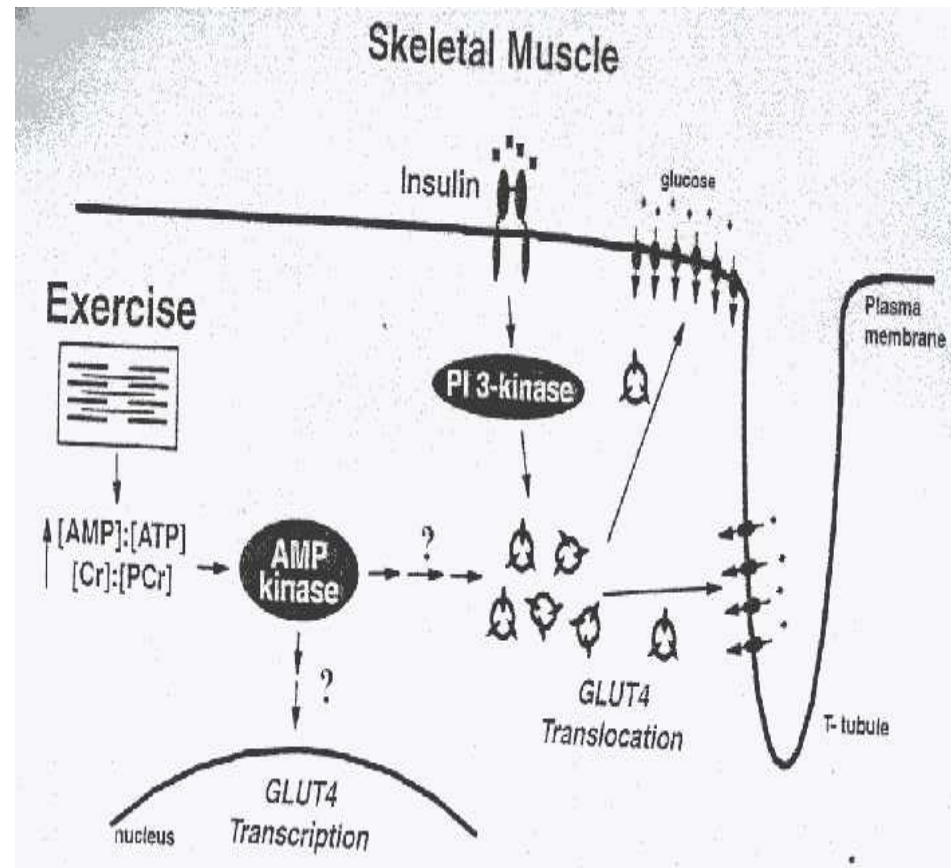
- Δύο διαφορετικές ομάδες GLUT-4 στο εσωτερικό του κυττάρου οι οποίες μεταφέρονται προς την κυτταροπλασματική μεμβράνη (Κ.Μ.) ανάλογα εάν το ερέθισμα είναι η μυϊκή συστολή ή η ινσουλίνη.
- Η υποξία αποτελεί ακόμα ένα παράγοντα μεταφοράς των GLUT-4 προς την Κ.Μ. αλλά δεν έχει αθροιστικά αποτελέσματα με την ινσουλίνη. Επομένως, η άσκηση και η υποξία χρησιμοποιούν την ίδια ομάδα μεταφορέων.

Ενδοκυττάρια ερεθίσματα μεταφοράς GLUT-4 προς την Κ.Μ.



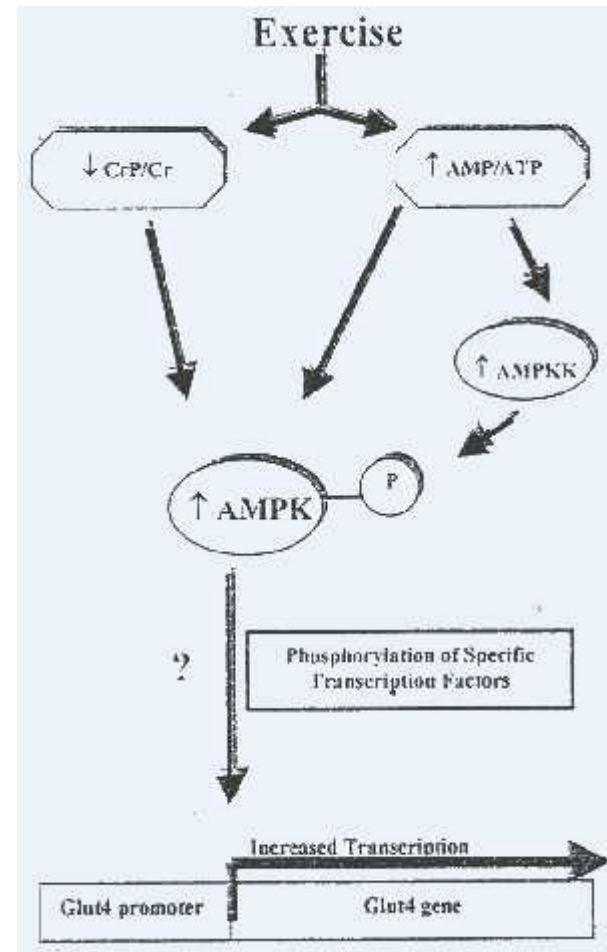
Ενδοκυττάρια ερεθίσματα μεταφοράς GLUT-4 προς την Κ.Μ.

1. Αυξημένη συγκέντρωση Ca^{++}
2. Μεταβολή στην αναλογία AMP:ATP και Cr:PCr
3. Αυξημένη δραστηριότητα της AMP kinase (AMPK)



Αυξημένη έκφραση των GLUT-4 εξαιτίας της μεταβολής στην αναλογία των φωσφαγόνων

- Η μείωση της αναλογίας PCr:Cr και η αύξηση της αναλογίας AMP:ATP αυξάνουν την φωσφορυλίωση της AMPK και την έκφραση του γονίδιου για τον GLUT-4.



Άσκηση και ευαισθησία της ινσουλίνης

- Είναι γνωστό πως η συστηματική άσκηση βελτιώνει την ευαισθησία της ινσουλίνης.
- Επομένως μεγαλύτερη ποσότητα γλυκόζης στο εσωτερικό του κυττάρου με την ίδια ποσότητα ινσουλίνης.
- Η επίδραση διαρκεί μέχρι και 48 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Συχνότητα της άσκησης.
- Συνεισφορά στην αντιμετώπιση του διαβήτη τύπου II και στην εξασθενημένη ανοχή στην γλυκόζη.

Άσκηση και ορμόνες αργής δράσης

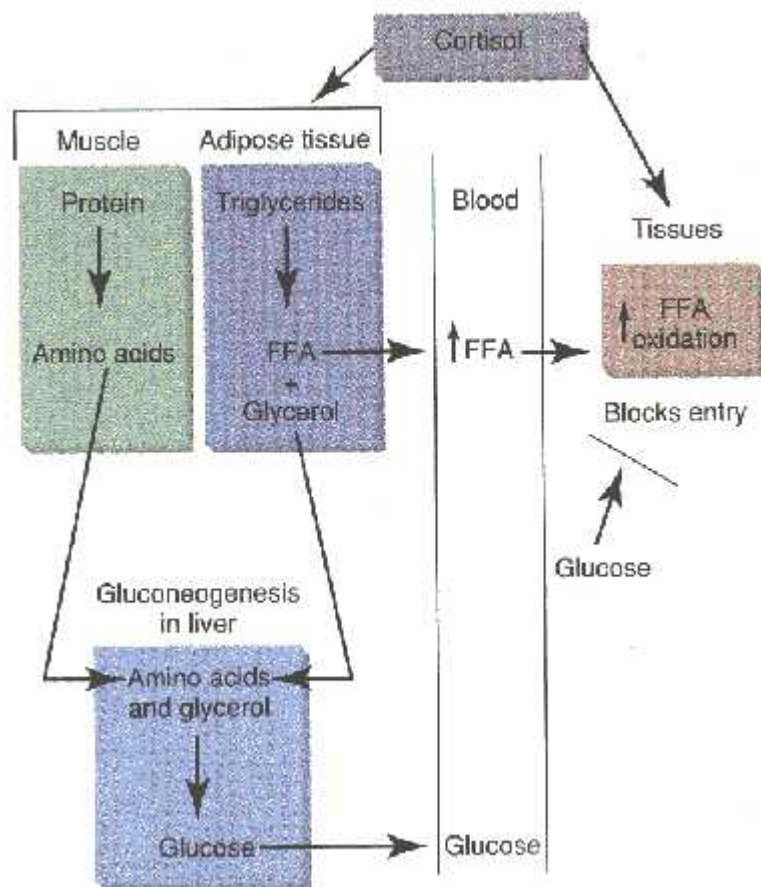
- Κορτιζόλη, αυξητική ορμόνη, β-ενδορφίνη.
- Ορμόνες που επιδρούν στο μεταβολισμό των υδατανθράκων συνεργετικά με την επινεφρίνη, νορεπινεφρίνη και γλυκαγόνη.
- Πρέπει να περάσει αρκετός χρόνος άσκησης για να αρχίσουν να επιδρούν.
- Αντιινσουλινική δράση.

Κορτιζόλη

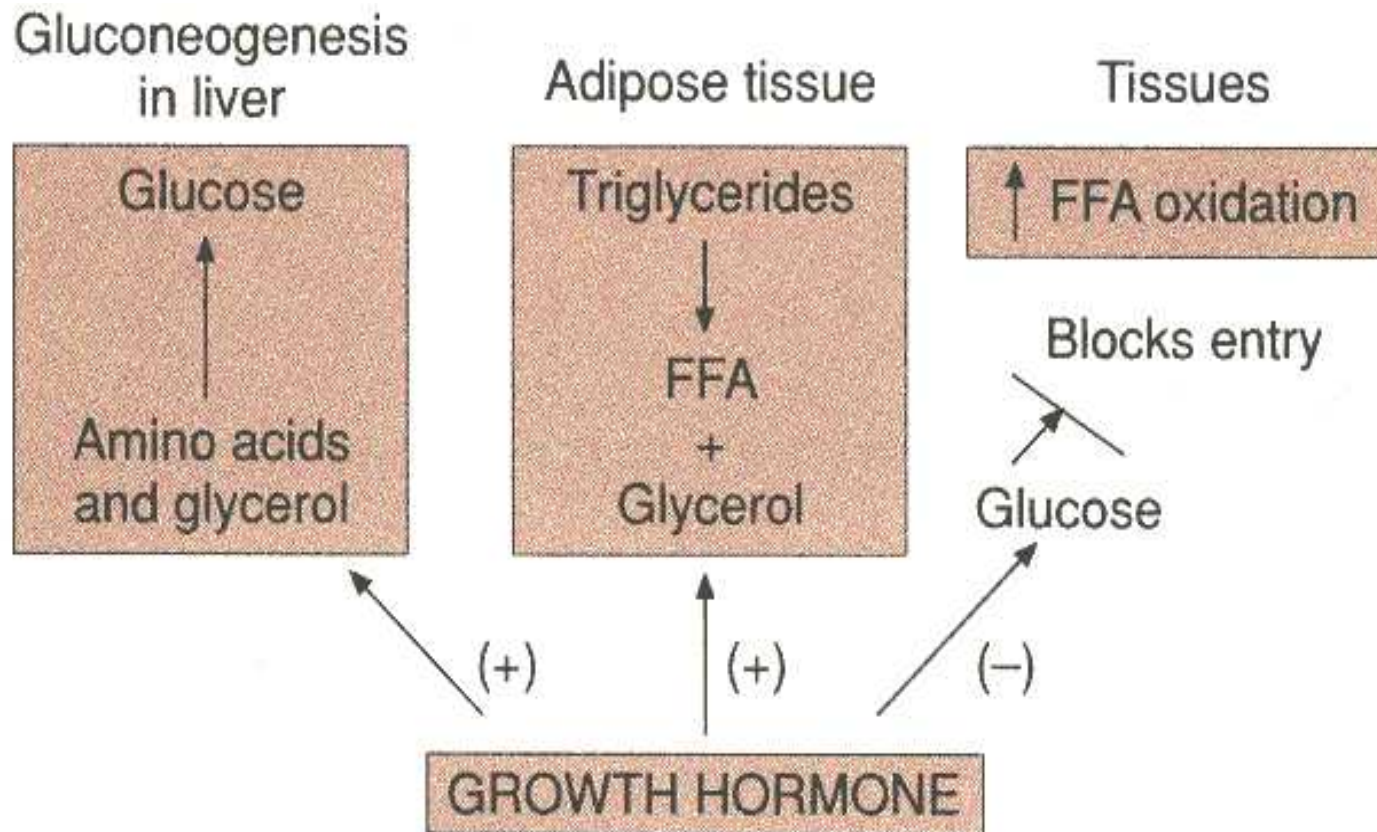
- Παίζει ιδιαίτερο ρόλο στη διατήρηση της γλυκόζης σε φυσιολογικά επίπεδα κατά την περίοδο πείνας και άσκησης επιτρέποντας, έστω και σε μικρές ποσότητες, τη γλυκονεογένεση και τη λιπόλυση στη μεταπορροφητική φάση.

Επιδράσεις της κορτιζόλης (αργή δράση) στο Μεταβολισμό των θρεπτικών στοιχείων

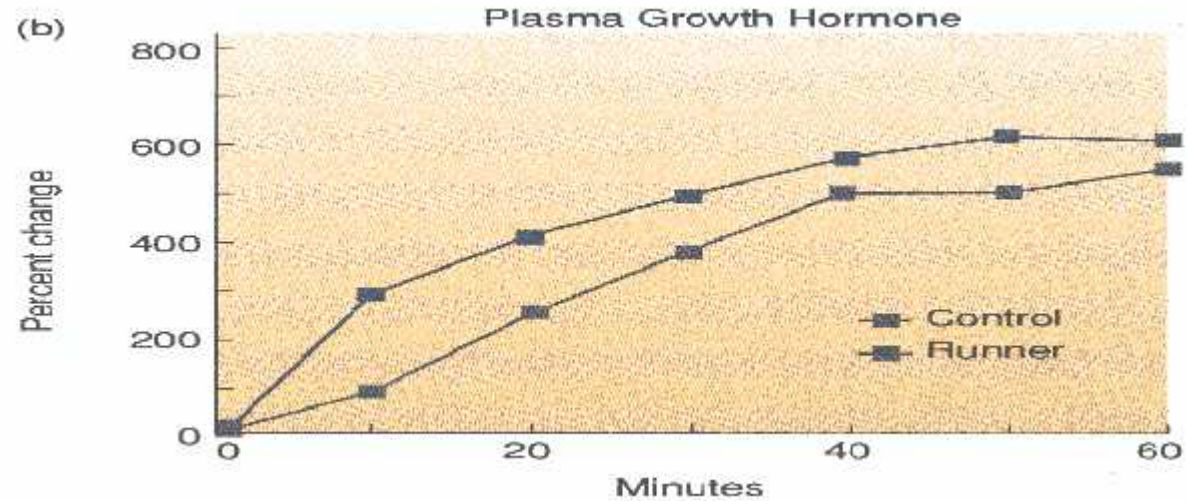
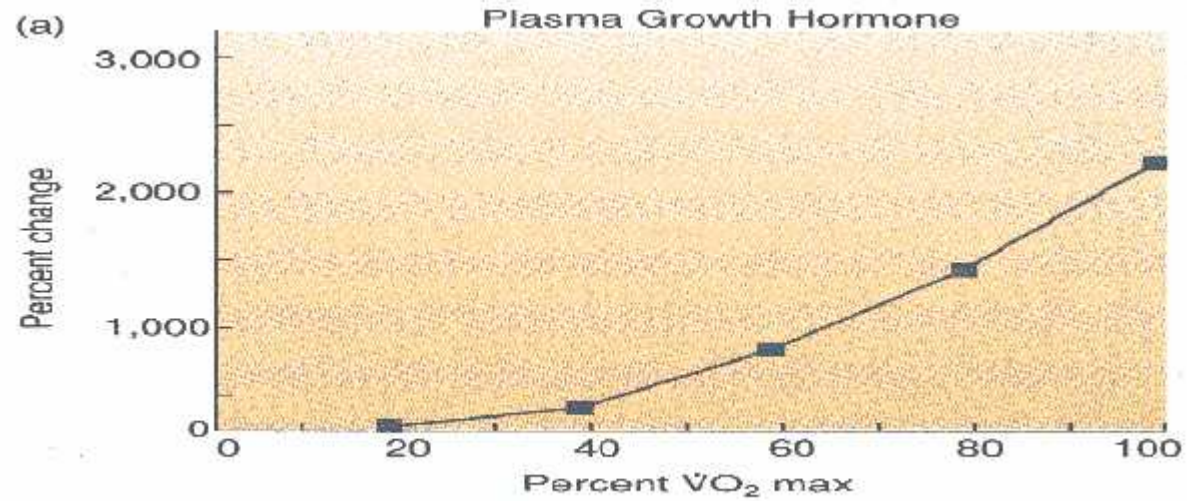
- A) Αύξηση του καταβολισμού των πρωτεϊνών
 - B) Αύξηση της γλυκονεογένεσης
 - Γ) Μείωση της πρόσληψης γλυκόζης από τα μυϊκά κύτταρα και τα λιπώδη κύτταρα.
 - Δ) Αύξηση της διάσπασης ΤΓ
- ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ:** + [ΑΑ, ΓΛΥ, ΕΛΟ] στο πλάσμα. + οξείδωσης λιπών



Ο ρόλος της αυξητικής ορμόνης (ΑΟ) στη διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης



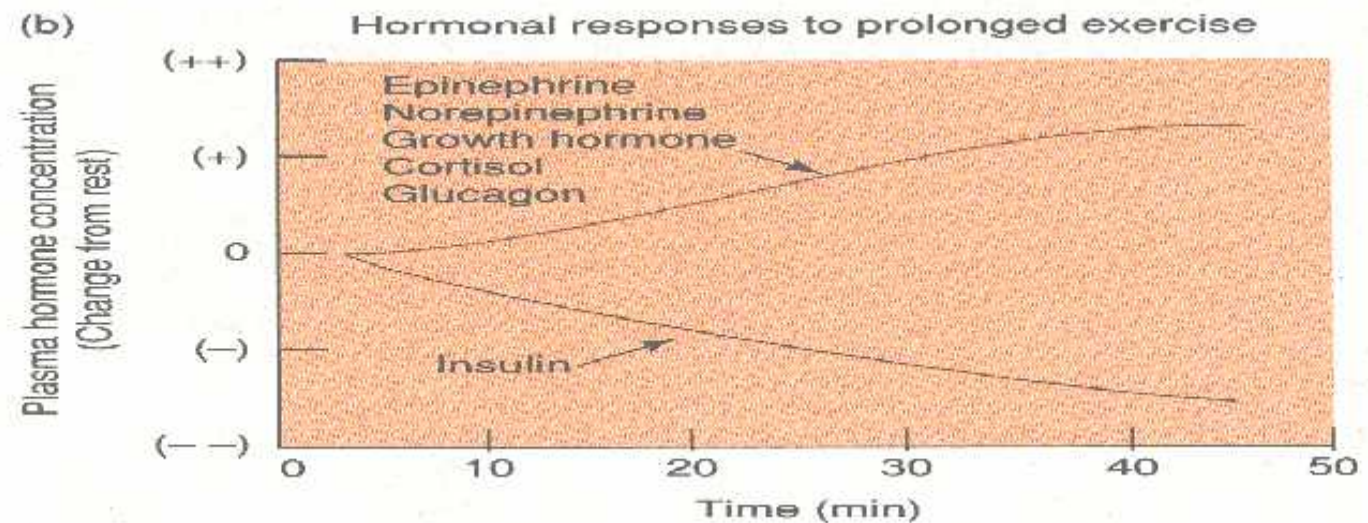
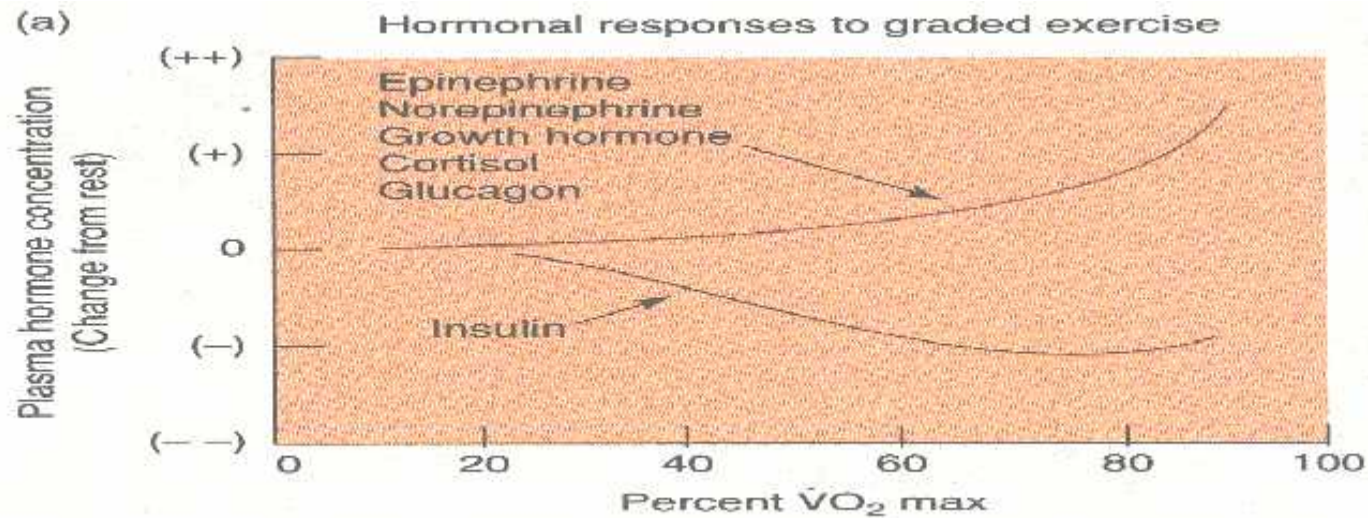
Μεταβολές στα επίπεδα της ΑΟ σε συνάρτηση με την ένταση και τη διάρκεια



Επιδράσεις της Αυξητικής Ορμόνης (ΑΟ) στο Μεταβολισμό των θρεπτικών στοιχείων

1. Αυξάνει τη γλυκονεογένεση στο ήπαρ
 2. Μειώνει την ικανότητα της ινσουλίνης να αυξάνει την πρόσληψη της γλυκόζης από τα μυϊκά κύτταρα και τα λιπώδη κύτταρα.
 3. Αυξάνει την απόκριση των λιποκυττάρων στα λιπολυτικά σήματα
- **ΑΝΤΙΙΝΣΟΥΛΙΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Περίληψη των ορμονικών αλλαγών κατά τη διάρκεια μεταβολών στην ένταση της άσκησης (α) και παρατεταμένης διάρκειας μέτριας έντασης (β)



β-ενδορφίνη

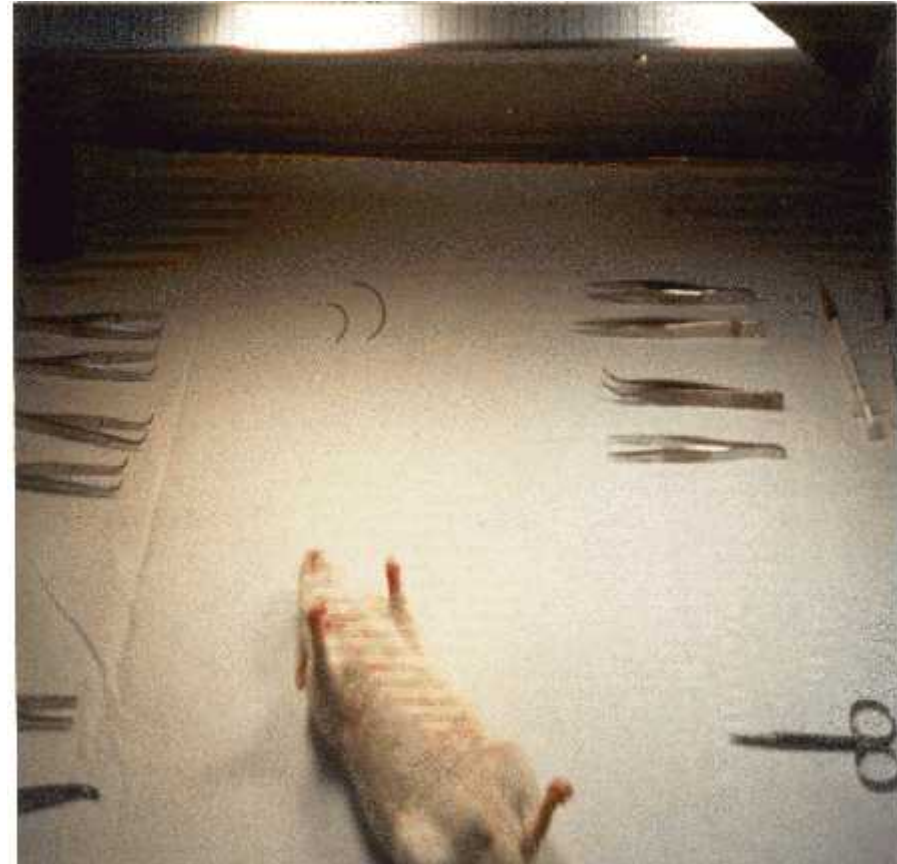
- Ενδογενές οπιούχο το οποίο εκκρίνεται από την υποθάλαμο και την υπόφυση.
- Εμπλέκεται στο αίσθημα ευφορίας που αισθάνεται ο αθλητής με την άσκηση.
- Αυξάνεται με την άσκηση
- Η ένταση θα πρέπει να είναι αρκετά αυξημένη (<70% VO_2max) για να παρουσιαστούν μεταβολές στα επίπεδα της.

β-ενδορφίνη

- Συνδέεται με την αύξηση του γαλακτικού οξέος στο αίμα.
- Γιατί αυξάνεται με την άσκηση; Έχει σχέση με το μεταβολισμό των θρεπτικών στοιχείων;

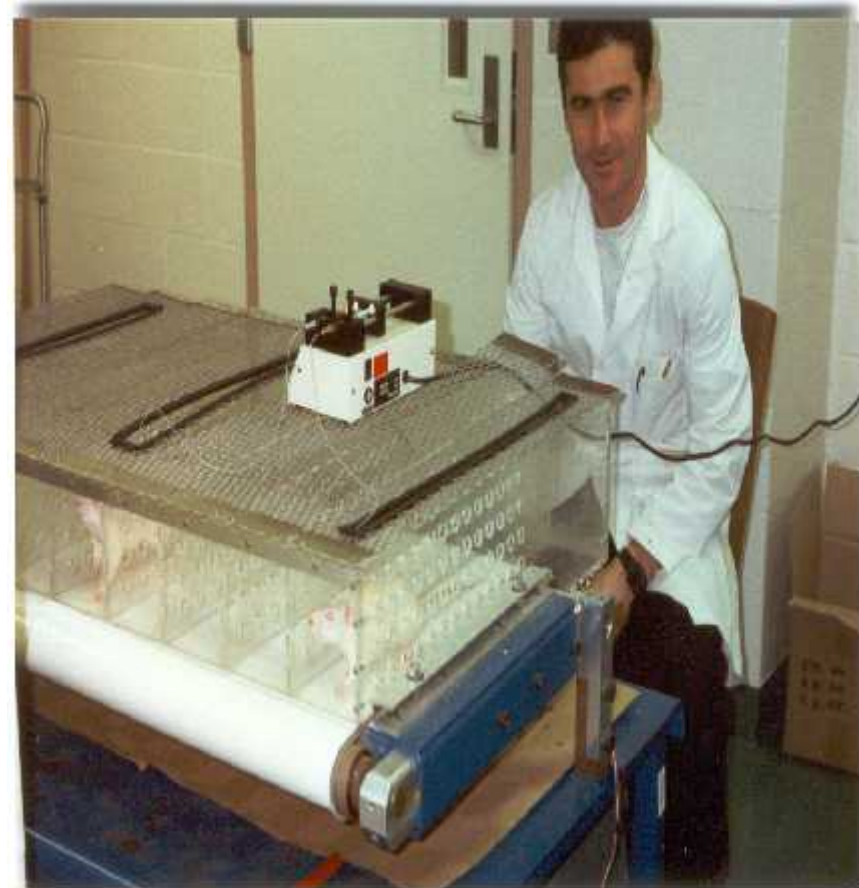
β-ενδορφίνη

- Αρνητική συσχέτιση με την πρόσληψη υδατανθράκων (όσο χαμηλότερη η πρόσληψη τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση της β-E τόσο στον υποθάλαμο όσο και στο πλάσμα) (Fatouros et al 1994).
- Χαμηλότερη μείωση της γλυκόζης όταν έγινε έκχυση β-E (Jamurtas et al. 2000).



β-ενδορφίνη

- Μπλοκάρισμα των υποδοχέων β-E (ναλοξόνη) επηρεάζει την ινσουλίνη και την γλυκαγόνη (Fatouros et al. 1997; Angelopoulos et al. 1997).
- Έκχυση β-E μειώνει την ινσουλίνη και το γαλακτικό οξύ, αυξάνει την γλυκαγόνη χωρίς να επηρεάζει τις ΚΑΤ, ΕΛΟ, κορτικοστερόνη (Jamurtas et al. 2000).



β-ενδορφίνη

- Δεν επηρεάζονται τα επίπεδα ηπατικού και μυϊκού γλυκογόνου (Jamurtas et al 2001).
- Ίσως να επηρεάζει το μεταβολικό μονοπάτι της γλυκονεογένεσης.



Βιβλιογραφία

- Jamurtas A.Z., A.H. Goldfarb, S-C Chung, S. Hegde, C. Marino and I.G. Fatouros. Beta-endorphin infusion during exercise in rats does not alter hepatic and muscle glycogen. *Journal of Sports Sciences* 19, 1-5, 2001.
- Goodyear LJ. AMP-Activated protein kinase: a critical signaling intermediary for exercise-stimulated glucose transport. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(3):113-116, 2000.
- MacLean PS, Zheng D, Dohm GL. Muscle glucose transporter (GLUT 4) gene expression during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(4):148-52. 2000.
- Utter AC, Kang J, Nieman DC, Williams F, Robertson RJ, Henson DA, Davis JM, Butterworth DE. Effect of carbohydrate ingestion and hormonal responses on ratings of perceived exertion during prolonged cycling and running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80(2):92-9, 1999.
- Kjaer M. Hepatic glucose production during exercise. *Adv Exp Med Biol*. 441:117-27. 1998