

# ΑΘΛΗΣΗ

## ΒΟΗΘΑΕΙ:

- Διαβήτη
- Στεφανιαία Νόσο
- Υπέρταση
- Κατάθλιψη
- Ποικιλία Καρκίνων

# ΔΙΑΒΗΤΗΣ

Η άσκηση ↑ την ευαισθησία στην Ινσουλίνη σε άτομα :

1. Με αντίσταση στην ινσουλίνη
2. Με διαβήτη τύπου 2

# ΠΩΣ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΟΜΩΣ ΑΥΤΟ;

Κατά την άσκηση απελευθερώνεται Ca.

- Το Ca διεγείρει την μυική συστολή .
- Το Ca λειτουργεί σαν 2<sup>ος</sup> αγγελιαφόρος διεγείροντας μια ποικιλία ενζύμων την πρωτεϊνική κινάση .
- Τα ένζυμα αυτά μαζί με την AMPK ενεργοποιούν σύμπλοκα μεταγραφικών παραγόντων .

# Πιο συγκεκριμένα :

- Ως αποτέλεσμα της τακτικής άσκησης αλλάζουν 2 πρότυπα της γονιδιακής έκφρασης.
  1. Αυξάνεται η παραγωγή πρωτεϊνών που είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό των Λ.Ο. όπως τα ένζυμα της β-οξειδωσης
  2. Ομάδα μεταγραφικών παραγόντων που ενεργοποιούνται από το Ca , αρχίζουν το μεταβολικό αναπρογραμματισμό που οδηγεί στην αυξημένη βιογένεση μιτοχονδρίων .

## Συμπερασματικά :

- Η αυξημένη ικανότητα οξειδωσης και τα επιπλέον μιτοχόνδρια  $\longrightarrow$  επιτρέπουν τον αποτελεσματικό μεταβολισμό των λ.ο.
- Επειδή όμως η περίσσεια λ.ο. οδηγεί στην αντίσταση στην ινσουλίνη , η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την ευαισθησία στην ινσουλίνη .

# Πως χρησιμοποιούνται τα κάυσιμα στους διαφορετικούς τύπους άσκησης;

- Η επιλογή των καυσίμων σε διαφορετικές ασκήσεις καταδεικνύει 2 σημαντικές πτυχές:
  1. Της μεταγωγής της ενέργειας
  2. Της ολοκλήρωσης του μεταβολισμού .

- Η **ΜΥΟΣΙΝΗ** είναι πρωτεϊνη (που ενεργοποιείται από την ATP ) υπεύθυνη για την μετατροπή της **χημικής ενέργειας** σε **κίνηση** .
- Η **ATP** στους μυς όμως είναι **μικρη** και έτσι η ταχύτητα σε έναν δρομέα θα εξαρτάται από την ταχύτητα παραγωγής ATP από άλλα καύσιμα .

Σε έναν αγώνα 100 μέτρων ο δρομέας  
παίρνει ενέργεια από :

1. Την αποθηκευμένη **ΑΤΡ**
2. Την **αναερόβια γλυκόλυση** του μυικού γλυκογόνου που μετατρέπεται σε **γαλακτικό**.
3. Την **φωσφορική κρεατίνη** που παράγει ΑΤΡ σε έντονες μυικές συστολές για 5-6 δευτερόλεπτα .








# Σε έναν αγώνα 1000 μέτρων ο δρομέας παίρνει ενέργεια από :

1. Από την πλήρη οξείδωση του μυικού γλυκογόνου σε CO<sub>2</sub> ( στην οποία η ATP παράγεται πιο αργά από την γλυκόλυση ).
2. Η αερόβια αναπνοή και η οξειδωτική φωσφοριλίωση γίνονται πιο σημαντικές .

## Σε ένα μαραθώνιο:

1. Υπάρχει συνεργασία μυων – ηπατος και λιπώδους ιστου.
2. Συμβαίνει οξείδωση του ηπατικού γλυκογόνου και του μυικου γλυκογόνου
3. Επίσης συμβαίνει οξείδωση λιπαρών οξέων που προκύπτουν από την αποικοδόμηση λιπιδίων του λιπώδους ιστού
4. Η ΑΤΡ παράγεται με πιο αργό ρυθμο.

# Πως επιτυγχάνεται η ανάμειξη καυσίμων ;

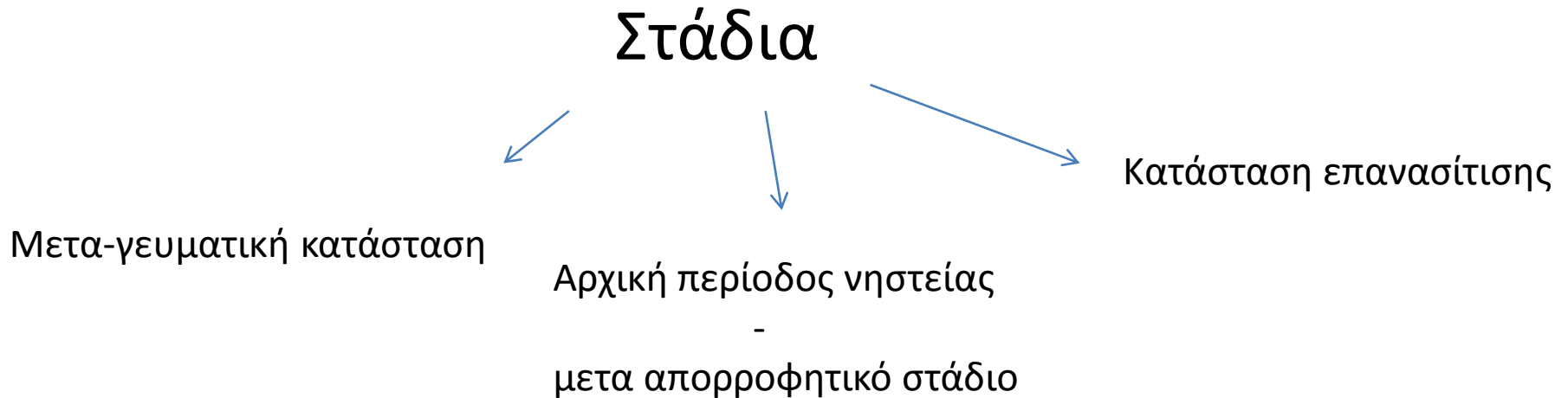
1. Τα  Επίπεδα γλυκόζης αίματος οδηγεί σε  λόγο γλυκαγόνης προς ινσουλίνη που κινητοποιεί τα λιπαρά οξέα από το λιπώδη ιστό
2. Τα λιπαρά οξέα εισέρχονται στο μυικό ιστό αποικοδομούνται μέσω της β-οξειδωσης σε ακετυλο-CoA και μετα σε CO<sub>2</sub>.
3. Το  επίπεδο ακετυλο-CoA  την δραστηριότητα της πυροσταφυλικής αφυδρογονάσης ώστε να εμποδίσει την μετατροπή της σε Ac-CoA.
4. Η οξειδωση των λ.ο.  την διοχέτευση σακχάρου στο κύκλο του κιτρικού οξέος και στην οξειδωτική φωσφορυλίωση και έτσι παραμένει γλυκόζη για να χρησιμοποιηθεί στο τέλος του μαραθωνίου .

# Σίτηση

Ο κύκλος σίτισης και ασιτίας :  
φυσιολογική απόκριση στη νηστεία για τη  
συνεχή τροφοδότηση του οργανισμού με  
ενέργεια.

# Κύκλος Σίτισης-Ασιτίας

Στόχος: Διατήρηση ομοιόστασης της γλυκόζης



Η εξασφάλιση ομοιόστασης των επιπέδων γλυκόζης είναι απαραίτητη καθώς αυτή αποτελεί τη μοναδική πηγή καυσίμου για τον εγκέφαλο!!!

Ρυθμιστές του κύκλου : ΙΝΣΟΥΛΙΝΗ & ΓΛΥΚΑΓΟΝΗ

# Μετα-γευματική κατάσταση

(Μετά την κατανάλωση και την πέψη του βραδινού φαγητού)

Κύριος ρυθμιστής: Ινσουλίνη (σηματοδοτεί την ΣΙΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ)

→ Στη φάση αυτή γίνεται μεταφορά της γλυκόζης και των αμινοξέων στο ΑΙΜΑ μέσω του εντέρου καθώς και των λιπιδίων της τροφής μέσω του λεμφικού συστήματος.

## Η Ινσουλίνη:

- Διεγείρει την αποθήκευση καυσίμων και σύνθεση πρωτεϊνών
- Πυροδοτεί τη σύνθεση γλυκογόνου στο Ήπαρ και στους Μύες
- Καταστέλλει τη γλυκονεογένεση στο ήπαρ
- Επιταχύνει τη γλυκόλυση στο ήπαρ → αύξηση σύνθεσης λιπαρών οξέων

## Ο Ρόλος του Ήπατος:

(Αποθήκευση και παραγωγή γλυκογόνου σε συνθήκες αφθονίας)

Το ήπαρ εκφράζει το ένζυμο **γλυκοκινάση** το οποίο σε υψηλές συγκεντρώσεις γλυκόζης (λόγω υψηλής τιμής Km) μετατρέπει τη γλυκόζη σε 6 φωσφορική γλυκόζη που δεν μεταφέρεται εκτός κυττάρου.

6- φωσφορική γλυκόζη + ινσουλίνη  **Αύξηση ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ**

# Μετά-γευματική κατάσταση

Η Ινσουλίνη προάγει την είσοδο γλυκόζης στο μυϊκό και λιπώδη ιστό καθώς και το μεταβολισμό αμινοξέων και πρωτεϊνών .



- Παρέχεται 3 φωσφορική γλυκερόλη → σύνθεση τριακυλογλυκερολών
- Προάγεται η πρόσληψη αμινοξέων με διακλαδισμένες R από τους μύες → συσσώρευση μυϊκών πρωτεϊνών → Αύξηση μυϊκής μάζας

# Αρχική περίοδος νηστείας

(Αρκετές ώρες μετά από το γεύμα. Μειωμένα επίπεδα γλυκόζης)

Κύριος Ρυθμιστής : Γλυκαγόνη( σηματοδοτεί την → ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΙΤΙΑΣ  
Εκκρίνεται από τα κύτταρα α των νησιδίων του παγκρέατος. (Όργανο-στόχος: ΗΠΑΡ)

## Η Γλυκαγόνη:

-  την αποικοδόμηση και  τη σύνθεση γλυκογόνου (αντιδρασεις κυκλικής AMP
- Αναστέλλει τη σύνθεση λιπαρών οξέων → μείωση παραγωγής πυροσταφιλικού και τη δραστικότητα του ακετυλοCoA
- Διεγείρει τη γλυκονεογένεση και παρεμποδίζει τη γλυκόλυση

**Η κυκλική AMP:** (Προσφέρει στη γλυκαγόνη πρωτεϊνικές κινάσες)

Έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη δραστικότητα της φωσφορυλάσης α και μικρότερη της συνθάσης α του γλυκογόνου.

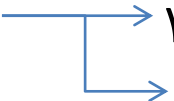


# Μετα-απορροφητικό στάδιο

Το επίπεδο της γλυκόζης στο αίμα παραμένει σταθερό στα ή άνω των 4,4mM (80mg/dl) λόγω:

- Δημιουργία γλυκόζης από γλυκογόνο και απελευθέρωση από το ήπαρ στο αίμα
- Μείωση γλυκόζης στους μύες και στο λιπώδη ιστό και απελευθέρωση λιπαρών οξέων από το λιπώδη ιστό
- Αλλαγή στη χρήση καυσίμων (αντί γλυκόζη λιπαρά οξέα) από τους μύες και το ήπαρ.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗΣ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ;;

- ✓ Συνέχιση γλυκονεογένεσης από αλανίνη και γαλακτικό
- ✓ Εγκέφαλος: γλυκόζη  $\longrightarrow$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O
- ✓ Εξασφάλιση άνθρακα από : 
  - γλυκερόλη (από τον λιπώδη ιστό)
  - υδρόλυση μυικών πρωτεϊνών

# Κατάσταση επανασίτισης

(Μετά από το πρόγευμα)

Το λίπος μεταβολίζεται όπως και στην κατάσταση σίτισης

Το ήπαρ δεν απορροφά γλυκόζη αλλά την αφήνει για τους περιφερειακούς ιστούς

Το ήπαρ συνεχίζει να παράγει γλυκόζη αλλά τώρα την χρησιμοποιεί για την αναπλήρωση των αποθεμάτων γλυκογόνου.

Αναπληρώνει την επεξεργασία της εναπομένουσας περίσσειας γλυκόζης για σύνθεση λιπαρών οξέων, αφού αποκατασταθούν τα επίπεδα γλυκογόνου.

# Μεταβολικές Αλλαγές κατά την περίοδο Ασιτίας

- Απόθεμα καυσίμων για 1-3 μήνες
- Απόθεμα υδατανθράκων 1 μέρα max!



παροχή γλυκόζης στον εγκέφαλο και σε άλλους ιστούς



Επίπεδα  
Γλυκόζης στο  
αίμα: πάνω  
από 3,5mM

### Εξασφάλιση γλυκόζης ?

- ✓ Λιπαρά οξέα δεν μετατρέπονται Γλυκόζη ❌
- ✓ Γλυκερόλη μετατρέπεται Γλυκόζη ❌
- ✓ Αμινοξέα από αποικοδόμηση πρωτεϊνών ✓

Απαραίτητη η διατήρηση των πρωτεϊνών μέσω αλλαγής την γλυκόζης σε λιπαρά οξέα και κετονοσώματα!

1<sup>η</sup> ημέρα ασιτίας = ολονύκτια νηστεία  
Μεταβολικές αλλαγές και διεργασίες



- ↓ επίπεδο σακχάρου → έκκριση ↓ ινσουλίνης, ↑ γλυκαγόνης
- **κινητοποίηση τριακυλογλυκερολών στον λιπώδη ιστό**
- **γλυκονεογένεση στο ήπαρ**
  - ↑ ακετυλο-CoA και κιτρικού οξέος από οξείδωση λιπαρών οξέων στο ήπαρ (απενεργοποίηση γλυκόλυσης)
- ↓ πρόσληψη γλυκόζης από μυϊκό ιστό (χαμηλά επίπεδα ινσουλίνης, ελεύθερη είσοδος λιπαρών οξέων)

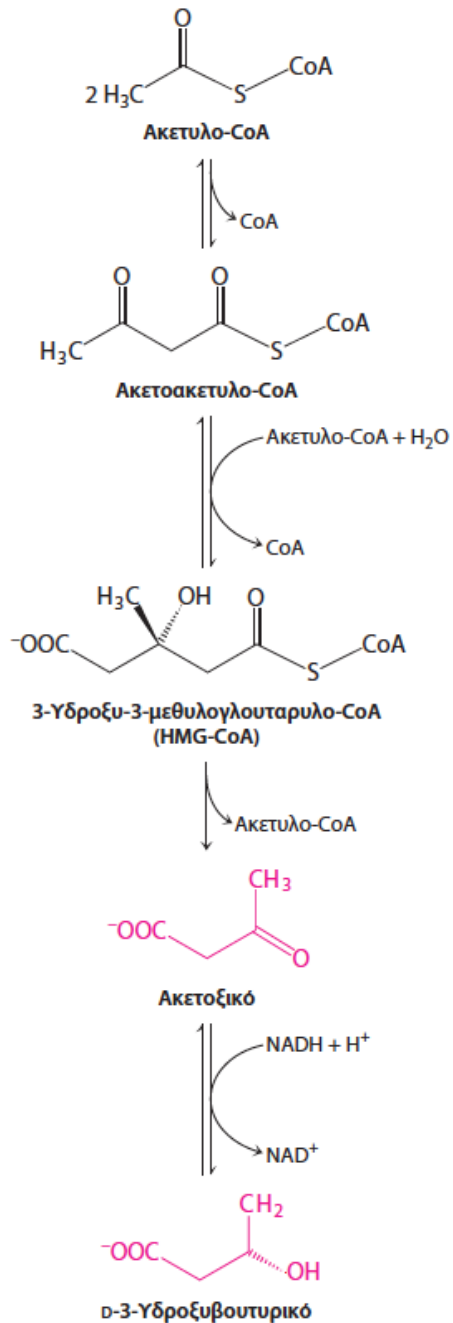


Καύσιμο για μυϊκό ιστό: λιπαρά οξέα

- Β- οξείδωση λιπαρών οξέων σταματά: πυροσταφυλικό → ακετυλο-CoA  
 → εξαγωγή πυροσταφυλικού  
     γαλακτικού  
     αλανίνης  
     |  
     → από ήπαρ  
     για μετατροπή σε γλυκόζη
- Πρωτεόλυση πρωτεϊνών: παροχή ανθρακικών σκελετών για γλυκογένεση  
 πρωτεόλυση μυϊκών: παροχή μέρους των πρόδρομων ενώσεων με 3 άτομα  
 άνθρακα για σύνδεση γλυκόζης

Μυϊκή μάζα → Επιβίωση ζώου

- ✓ Απαραίτητος ο περιορισμός απώλειας μυϊκών πρωτεϊνών



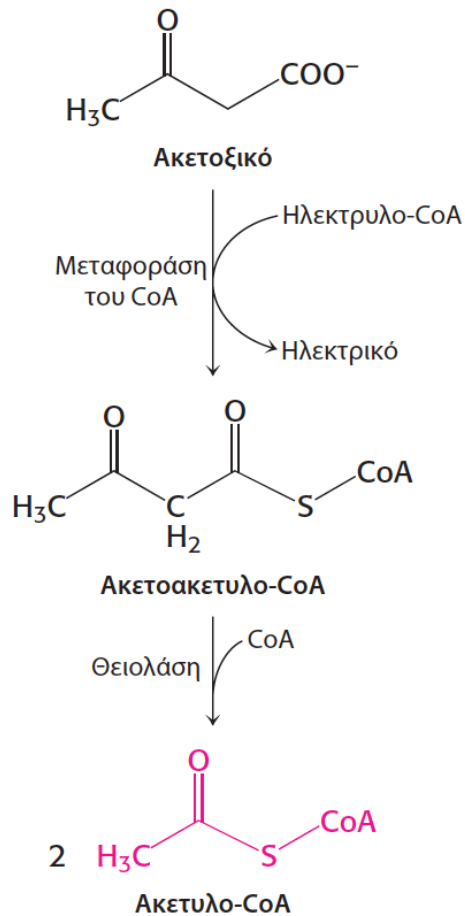
## Πως?

3 ημέρες ασιτίας: το ήπαρ συνθέτει ακετοξικό και D-3-υδροξυβουτυρικό (κετονοσώματα)



- ✓ Απελευθερώνονται στο αίμα
- ✓ Ο εγκέφαλος καταναλώνει ↑ ακετοξικό σε σχέση με γλυκόζη μέχρι που στις 3 ημέρες το ακετοξικό καλύπτει το 1/3 των αναγκών του εγκεφάλου
- ✓ Καρδιά

Μετά από βδομάδες: κετονοσώματα η κύρια πηγή καυσίμων για εγκέφαλο



➤ **Είσοδος κετονοσωμάτων στον κύκλο του κιτρικού οξέος**

### Τελικά

Κετονοσώματα: ισοδύναμα λιπαρών οξέων τα οποία είναι προσιτή πηγή καυσίμων για τον εγκέφαλο

Τελικά μείωση ανάγκης για γλυκόζη από 120g σε 40g ημερησίως ➡ αποικοδόμηση μικρότερης ποσότητας μυϊκού ιστού (20g αντί 75g)

τεπιβίωσης εξαρτάται από απόθεμα τριγλυκεριδίων ➡ μετά αποικοδόμηση πρωτεϊνών