

Λιπίδια και Άσκηση

Λίπη

- Μόρια τα οποία αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο (CHO). Η αναλογία οξυγόνου είναι μικρότερη.
- Φυτική και ζωική προέλευση.

Ταξινόμηση λιπών

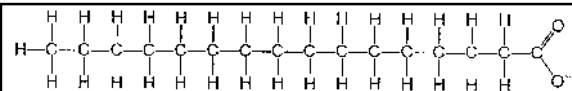
- Τριακυλογλυκερόλες ή τριγλυκερίδια
- Φωσφολιπίδια
- Στεροειδή
- Κηροί

Τριακυλογλυκερόλες ή τριγλυκερίδια

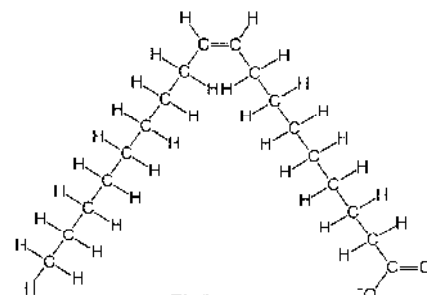
- Εστέρας γλυκερόλης με λιπαρά οξέα.
- Υδρόφοβα μόρια
- Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα
- Διάσπαση των τριακυλογλυκερών από λιπάσες του πεπτικού σωλήνα σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα.
- Τα λιπαρά οξέα χαρακτηρίζουν τις τριακυλογλυκερόλες.

Λιπαρά οξέα

- Μόρια τα οποία συνήθως αποτελούνται από μία μακριά αλυσίδα υδρογονάνθρακα (υδρόφοβη) και μία καρβοξυλομάδα στην άκρη (υδρόφιλη).
- Ο αμφιφιλικός χαρακτήρας τα κάνει έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται για την δημιουργία της κυτταροπλασματικής μεμβράνης.



Γαλμμικό οξύ



Ελαιικό οξύ

Πίνακας 10-1. Τα πιο συννηθισμένα λιπαρά οξέα στα ζώα

Όνομασία	Άτομα άνθρακα	Διπλοί δεσμοί	Θέση διπλών δεσμών*
Λαυρικό	12	0	
Μυριστικό	14	0	
Παλμιτικό	16	0	
Παλμιτελαϊκό	16	1	9
Στεατικό	18	0	
Ελαϊκό	18	1	9
Λινελαϊκό	18	2	9, 12
Λινελανικό	18	3	9, 12, 15
Αραχιδονικό	20	4	5, 8, 11, 14

* Οι αριθμοί δείχνουν τον άνθρακα, μετά τον οποίο υπάρχει διπλός δεσμός. Η αριθμηση αρχίζει από τον καρβοξυλικό άνθρακα.

Λιπαρά οξέα

- Κορεσμένα
 - Παλμιτικό (16 C)
 - Στεατικό (18 C)
- Μονοακόρεστα
 - Ελαϊκό (70% στο ελαιόλαδο)
- Πολυακόρεστα
 - Λινελαϊκό (18:2, cis- $\Delta^{9,12}$)
 - Λινελανικό (18:3, cis- $\Delta^{9,12,15}$)
 - Αραχιδονικό (20:4, cis- $\Delta^{5,8,11,14}$)

Λιπαρά οξέα

- Απαραίτητα λιπαρά οξέα (λινελαϊκό, λινολενικό, αραχιδονικό)
 - Μειωμένη ανάπτυξη
 - Ξηροδερμία
 - Απολέπιση δέρματος
 - Μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα, αξιοποίηση Ε
 - ανθεκτικότητα
 - Ρύθμιση μεταβολισμού χοληστερόλης
 - Ακεραιότητα Κ.Μ.
 - 1-2% ημερήσιας ενέργειας

Λιπαρά οξέα

- Σημείο τήξης
- Υδροφόβα
- Αυτοδιαλυτές βιταμίνες

Χρησιμότητες των λιπών

- Σωστή σύνθεση των κυττάρων (Κ.Μ.-ορμόνες-βιταμίνες)
- Ενέργεια (9 kcal/γραμ. λίπους)
- Προστασία ζωτικών οργάνων
- Απόθεμα ενέργειας
- Γεύση
- Πείνα
- Θερμορύθμιση

Μεταβολισμός Γλυκερόλης

- Διάσπαση των TG του λιπώδους ιστού σε γλυκερόλη + ΕΛΟ με την λιπάση (κυτταρόπλασμα)
- Μετατροπή της γλυκερόλης σε φωσφορική διϋδροξυακετόνη-Φ.Δ. (ενδιάμεσο γλυκόλυσης)
- Η Φ.Δ. συνεχίζει στο γλυκολυτικό μονοπάτι
- Η διάσπαση των TG επηρεάζεται από ορμόνες (E, GLCN, I)

Καταβολισμός Λιπαρών Οξέων

- 3 στάδια
- Ενεργοποίηση
- Μεταφορά στο εσωτερικό του μιτοχονδρίου
- β-οξειδωση

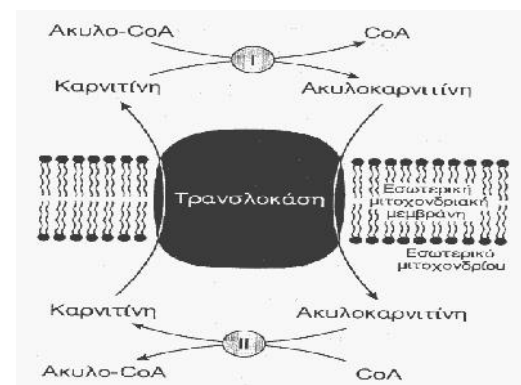
Ενεργοποίηση

- Συμβαίνει στην εξωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη
- $\text{Λ.Ο.} + \text{CoA} + \text{ATP}^* = \text{AcylCoA} + \text{AMP} + \text{PPi}$
- * 2 ATP

Μεταφορά

- Η μεταφορά στο εσωτερικό των μιτοχονδρίων πραγματοποιείται διαμέσου της καρνιτίνης και του ενζύμου της τρανσλοκάσης.

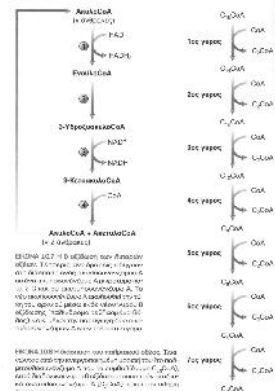
Συμβολή της καρνιτίνης στη Μεταφορά AcylCoA



β-Οξειδωση

- Εσωτερικό του μιτοχονδρίου
- Διάσπαση του Λ.Ο. με απόσπαση μορίων AcylCoA (2 άτομα C την φορά). Παράλληλα δημιουργείται και ένα NADH και ένα FADH₂.
- Διοχέτευση AcylCoA, NADH, FADH₂ στον κύκλο του Kreb's, αναπνευστική αλυσίδα και οξειδωτική φωσφορυλίωση.
- Μεγάλη παραγωγή ATP.

Οξείδωση λιπαρών οξέων

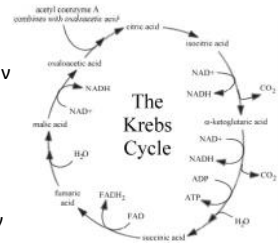


Ενεργειακή Απόδοση του Καταβολισμού των Λ.Ο.

- Για ένα μόριο π.χ. παλμιτικού οξέος (16 άτομα C) έχουμε παραγωγή 7 NADH, 7 FADH₂ και 8 AcylCoA.
- 7 NADH X 3 ATP = 21
- 7 FADH₂ X 2 ATP = 14
- 8 AcylCoA X 12 ATP = 96
- Σύνολο = 131
- Ενεργοποίηση = -2
- Τελικό σύνολο = 129

Τα λίπη καίγονται με φωτιά από υδατάνθρακες

- Η διάσπαση των Λ.Ο. μέσω του κύκλου του Kreb's γίνεται μόνο όταν υπάρχουν αρκετά μόρια οξαλοξικού οξέος για να ενωθούν με το AcylCoA και να παραχθεί ATP αερόβια.
- Το οξαλοξικό οξύ παρέχεται από τη διάσπαση των CHO και όταν πέφτουν τα επίπεδα του, τότε μειώνεται και η χρησιμοποίηση των Λ.Ο. από τους μύες κατά την διάρκεια της άσκησης.



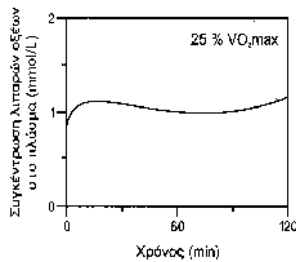
Τα λίπη καίγονται με φωτιά από υδατάνθρακες

- Μείωση της συγκέντρωσης του μυϊκού γλυκογόνου, όπως συμβαίνει στον μαραθώνιο, με την καθημερινή και σκληρή προπόνηση, την ασιτία, τις «κετογενικές» δίαιτες, το διαβήτη μειώνουν την διαθεσιμότητα CHO και την ικανότητα για παραγωγή Ε από Λ.Ο.
- Προσοχή στις κετόνες (ακετοξικό οξύ, 3-υδροξυβουτυρικό οξύ, ακετόνη)

Επιτάχυνση οξείδωσης λιπαρών οξέων κατά την άσκηση

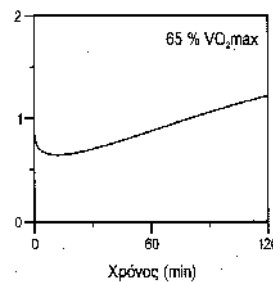
- Επιτάχυνση του κύκλου του Kreb's
- Μείωση της [NADH] (λόγω επιτάχυνσης της A.A.) αίρει την αναστολή της δράσης ενός ενζύμου της β-οξειδωσης (αφυδρογονάση του 3-υδροξυακυλοσυνένζιμου Α), οπότε αυξάνεται ο ρυθμός της.
- Αύξηση της [Λ.Ο.] λόγω αύξησης συγκέντρωσης ορμονών που οδηγούν στην λιπόλυση.
- Η διάσπαση γίνεται μόνο αερόβια (60-70% VO₂max).

Άσκηση και Λιπαρά οξέα



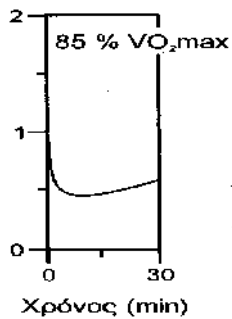
- Η αρχική αύξηση παρουσιάζεται εξαιτίας της χαμηλής ζήτησης και της αυξημένης παροχής

Άσκηση και Λιπαρά οξέα



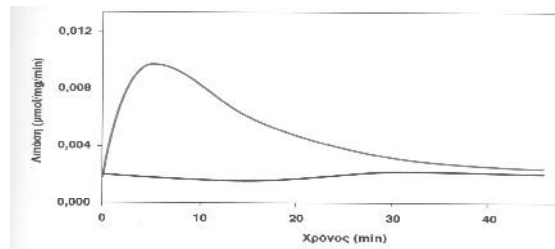
- Η αρχική κοιλιά που παρατηρείται οφείλεται στην καθυστερημένη επίδραση των ορμονών

Άσκηση και Λιπαρά οξέα



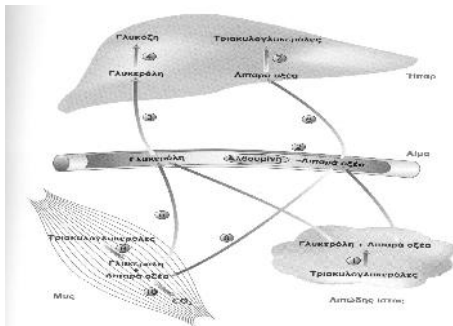
- Η μειωμένη συγκέντρωση οφείλεται στην μείωση της αιμάτωσης του λιπώδους ιστού εξαιτίας της αγγειοσυστολής

Δραστηκότητα της λιπάσης της ΤΓ κατά την άσκηση



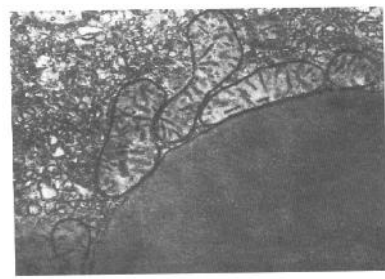
ΕΙΚΟΝΑ 10.3 Η δραστηκότητα της λιπάσης της τρικυλογλυκερόλης κατά την άσκηση. Η δραστηκότητα του ενζύμου (εκφρασμένη σε μολύ διασπασμένων τρικυλογλυκερολιών ανά την λιπάση ανά μολύ ανά λεπτό) κορυφώνεται στο πρώτο λεπτό της άσκησης, στη διάρκεια 30 min (απόλυτη γραμμή). Στο 15ο και 30ο λεπτό της άσκησης, καθώς και στο 15ο λεπτό παθητικής αποκατάστασης, η δραστηκότητα είναι αισθητά μειωμένη. Η μείωση γραμμή παρουσιάζει τη δραστηκότητα του ενζύμου σε μια ομάδα αθλητών που δεν ασπάζονται. [Από το άρθρο "Acute changes in triacylglycerol lipase activity of human adipose tissue during exercise", των Anastol Petridou και Vassilis Mouroussis στο *Journal of Lipid Research* 43: 1331-1334. Copyright © 2002 Lipid Research, Inc.]

Προϊόντα της λιπόλυσης κατά την άσκηση



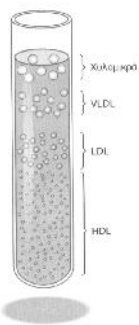
ΕΙΚΟΝΑ 10.4 Η κόπωση των πρωτόνων κατά τη διάρκεια της άσκησης, η οποία αυξάνει την λιπόλυση οξέων και προσφέρει στους μυς λιπαρά οξέα για ενέργεια. Η λιπόλυση των τρικυλογλυκερολιών είναι η διαδικασία που παράγει γλυκερόλη και λιπαρά οξέα. Η γλυκερόλη μετατρέπεται σε γλυκεραλδεΐδη-3-φοσφορικό, η οποία εισέρχεται στην γλυκόλυση (δηλώνει η γραμμή κόκκινη) και μετατρέπεται σε πυροβουτυρικό και λακτικό οξύ. Τα λιπαρά οξέα μεταφέρονται στο μυϊκό ιστό με τη βοήθεια των λιποπρωτεϊνών (VLDL και LDL) και μετατρέπονται σε ενέργεια για την παραγωγή ATP. Η λιπόλυση των τρικυλογλυκερολιών είναι η διαδικασία που παράγει γλυκερόλη και λιπαρά οξέα. Η γλυκερόλη μετατρέπεται σε γλυκεραλδεΐδη-3-φοσφορικό, η οποία εισέρχεται στην γλυκόλυση (δηλώνει η γραμμή κόκκινη) και μετατρέπεται σε πυροβουτυρικό και λακτικό οξύ. Τα λιπαρά οξέα μεταφέρονται στο μυϊκό ιστό με τη βοήθεια των λιποπρωτεϊνών (VLDL και LDL) και μετατρέπονται σε ενέργεια για την παραγωγή ATP.

Μιτοχόνδρια και λιπώδης ιστός



ΕΙΚΟΝΑ 10.5 Μιτοχόνδρια σε στεφανιαίο λίπος. Μιτοχόνδρια είναι προσκολλημένα σε ένα στεφανιαίο λίπος, όπου την ηλεκτρονική μικροσκοπία βλέπουμε εντός της κοιλότητας. Η γλυκόλυση μιτοχόνδριων και στεφανιαίου επιτρέπει στα λιπαρά οξέα που μεταφέρονται από την υδρόλυση των τρικυλογλυκερολιών του στεφανιαίου να εισέρχονται οξεία στα μιτοχόνδρια για καύση. [Copyright © Dr. Keith Porter.]

Διαχωρισμός λιποπρωτεϊνών



ΕΙΚΟΝΑ 10.12 Διαχωρισμός λιποπρωτεϊνών. Φωτογραφικός μετρητής πλάσματος σε μεγάλη ταχύτητα για πολλές ώρες επιταχύνει τα διαφορετικά τύποι λιποπρωτεϊνών. Οι λιποπρωτεΐνες με μεγαλύτερη πυκνότητα μετακινούνται προς τον πυθμένα.

Διαχωρισμός λιποπρωτεϊνών

- Η HDL και η LDL απαντείται σε διαφορετικά μεγέθη
- Τα μικρότερα μόρια της LDL είναι περισσότερο αθηρογόνα σε σχέση με τα μεγαλύτερα μεγέθους μόρια
- Τα μικρότερα μόρια της HDL₂ είναι περισσότερο αθηρογόνα σε σχέση με τα μεγαλύτερα μεγέθους μόρια της HDL₂

