



ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ  
ΜΑΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

# Μεταβολισμός

- Μεταβολισμός = το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στον οργανισμό μας
- δαπάνη ενέργειας (θερμίδες)

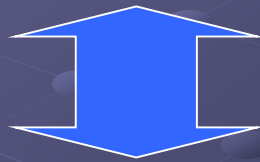
Διάσπαση ενέργειας = καταβολισμός

Αποθήκευση ενέργειας = αναβολισμός

# Αναβολισμός vs Καταβολισμός

## Φυσική Ισορροπία

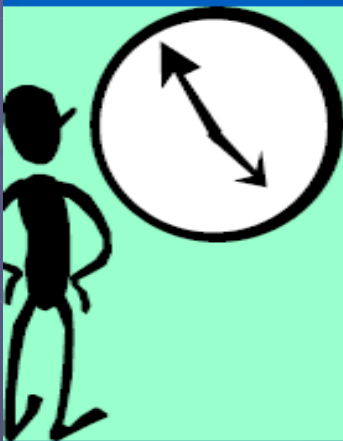
Ο ΑΝΑΒΟΛΙΣΜΟΣ είναι ένα σύνολο βιοχημικών αντιδράσεων που οδηγούν στην ανάκτηση καθαρής σωματικής μάζας και λιπώδους ιστού και διατήρηση των ενεργειακών αποθεμάτων του οργανισμού



Ο ΚΑΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ είναι βιοχημικές αντιδράσεις που οδηγούν σε απώλεια καθαρής σωματικής μάζας και λιπώδους ιστού, απελευθέρωση ενέργειας και τελικά μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων του οργανισμού

# Βασικός μεταβολισμός (BM)

- Η ενέργεια που απαιτείται ώστε να διατηρηθούν οι βασικές λειτουργίες του οργανισμού.



- Μετριέται το πρωί, σε ένα ζεστό και ευχάριστο περιβάλλον, μετά από 12ωρη νηστεία και πριν ο εξεταζόμενος εμπλακεί σε οποιαδήποτε μορφή σωματικής άσκησης.
- Αν κάποια από τις προηγούμενες προϋποθέσεις δεν καλύπτεται τότε η μέτρηση δεν είναι του BMR αλλά του RMR.
- RMR είναι λίγο ψηλότερη από BMR

# Ενεργειακές ανάγκες βασικών οργάνων σε ηρεμία

όργανο	% BM
Ήπαρ	27
Εγκέφαλος	19
Καρδιά	7
Νεφρά	10
Σκελετικοί μύες	18

# Παράγοντες που επηρεάζουν το ΒΜ

- **Ηλικία** –μειώνεται βαθμιαία με την αύξηση της ηλικίας, λόγω μείωσης της άλιπης μάζας
- **Φύλο** –οι διαφορές οφείλονται στις διαφορές άλιπης μάζας
- **Σωματική επιφάνεια** –αυξάνεται με την αύξηση της σωματικής επιφάνειας
- **Θερμοκρασία σώματος** –αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας
- **Στρες** –αυξάνεται με το στρες λόγω αυξημένης δραστηριότητας του συμπαθητικού νευρικού συστήματος
- **Ορμόνες** –αυξάνεται σε αυξημένες ποσότητες θυροξίνης από το θυροειδή αδέννα, αδρεναλίνης από το μυελό των επινεφριδίων και προγεστερόνης κατά τη κύηση
- **Κλίμα** –αυξάνεται σε ακραίες κλιματικές συνθήκες λόγω μεγαλύτερης δραστηριότητας για διατήρηση της θερμοκρασίας σώματος

# Συνολικές ενεργειακές δαπάνες

- Βασικός Μεταβολισμός
- Θερμογένεση (Πέψη και απορρόφηση τροφής)
- Φυσική Δραστηριότητα (Διαμορφώνει την ενεργειακή κατανάλωση)

Ο γενικός στόχος του οργανισμού είναι

- ▶ να χρησιμοποιήσει το ενδογενές λίπος και τα πρωτεϊνικά αποθέματα για την επαρκή παραγωγή ενέργειας και γλυκόζης για τους εξαρτώμενους από γλυκόζη ιστούς
- ▶ καθώς και αμινοξέα και άζωτο για την de novo σύνθεση πρωτεϊνών



# Μεταβολισμός των μακροθρεπτικών υποστρωμάτων

- Υδατάνθρακες
- Πρωτεΐνες
- Λίπη



# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ

- Οι υδατάνθρακες αποτελούν περίπου το 50% της καθημερινής μας διατροφικής πρόσληψης
- 80% είναι άμυλο
- Αποδίδουν θερμιδικά περίπου **4 kcal/g**.
- Μεταβολίζονται σε εξόζες και δισακχαρίτες
- Απορροφώνται προς την πυλαία κυκλοφορία ως εξόζες (γλυκόζη > 90%)

# ΓΛΥΚΟΖΗ

- σημαντικότερος υδατάνθρακας του μεταβολισμού
- συμμετέχει σε βασικές βιοσυνθετικές διαδικασίες
- αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας στον οργανισμό (εγκέφαλο, καρδιά, ήπαρ, νεφρούς, έντερο και μυϊκό ιστό)
- αποκλειστική μορφή ενέργειας για τον μυελό των οστών και τα ερυθροκύτταρα
- αποθηκεύεται ως γλυκογόνο στο ήπαρ (70-120g) και στο μυϊκό ιστό (200-1000g).
- ενεργειακό απόθεμα γλυκογόνου περίπου 900 kcal.

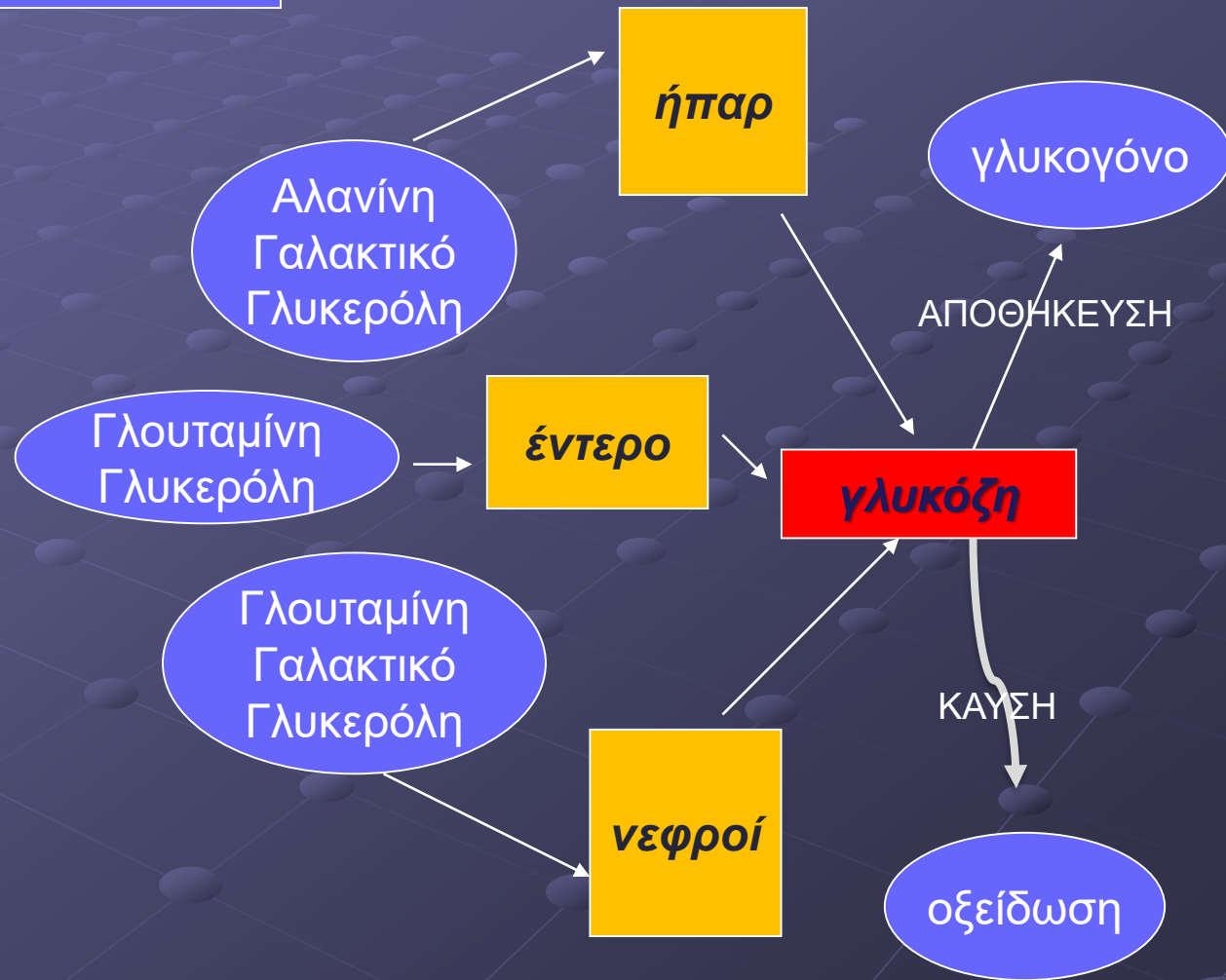
# Παραγωγή γλυκόζης

Glucose-6-phosphatase

- ηπατική γλυκογονόλυση

- Γλυκονεογένεση (ήπαρ, νεφρούς και έντερο)

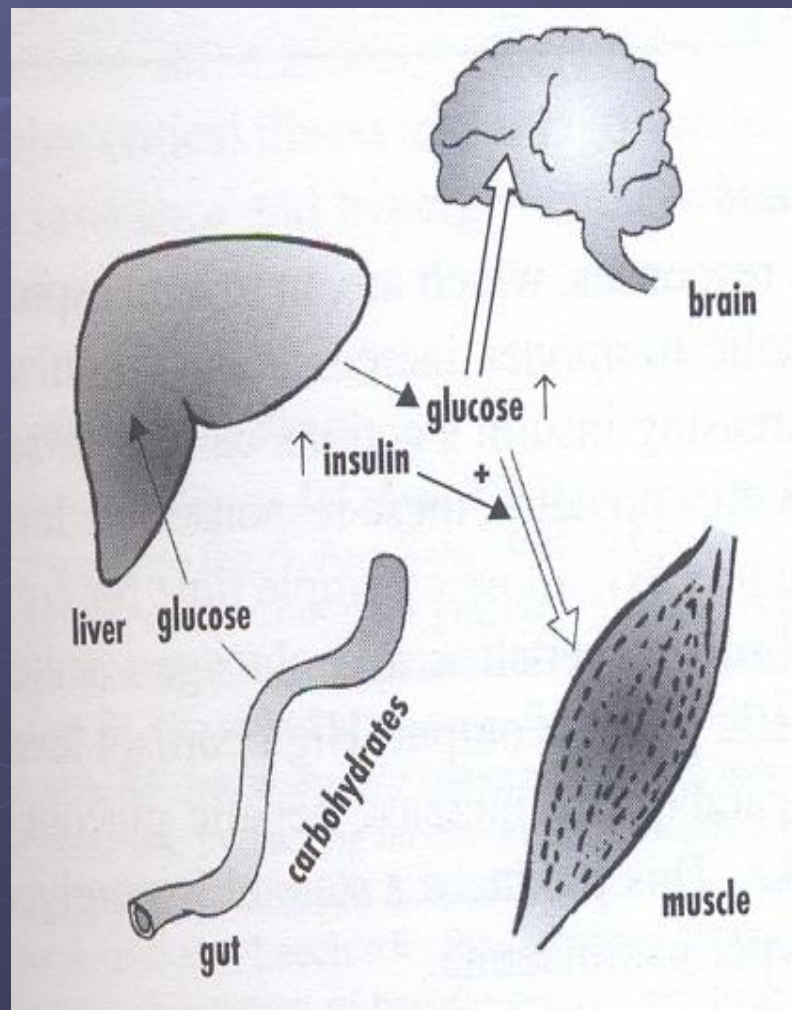
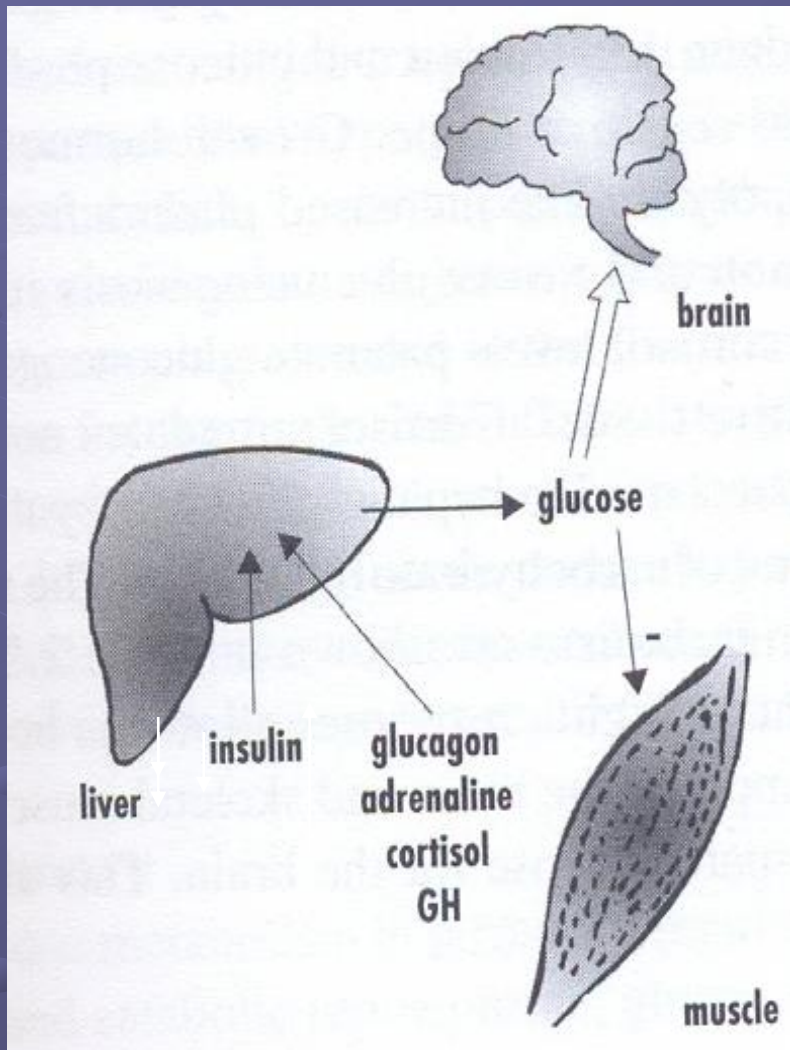
- από γαλακτικό, γλυκερόλη και αμινοξέα .



# Μεταβολισμός της γλυκόζης - Ινσουλίνη

- μειώνεται ανάμεσα στα γεύματα
- αυξάνεται μετά από ένα γεύμα με υδατάνθρακες
- αναστέλλει τη γλυκονεογένεση
- ελαττώνει το βαθμό αποδόμησης του γλυκογόνου
- διεγείρει τη πρόσληψη γλυκόζης στους ιστούς
- προάγει την χρήση και αποθήκευση της γλυκόζης διεγείροντας τους ειδικούς μεταφορείς GLUT4

# Γλυκόζη μεταξύ γευμάτων και μετά το γεύμα



Μεταξύ γευμάτων

ΜΕΤΑ ΤΟ ΓΕΥΜΑ

- τα όργανα και οι ιστοί ταξινομούνται σε ευαίσθητα και μη-ευαίσθητα στην ινσουλίνη.
- Στα ευαίσθητα (σκελετικοί μύες, λιπώδης ιστός), η ινσουλίνη προάγει την πρόσληψη γλυκόζης διεγείροντας τους ειδικούς μεταφορείς GLUT4.
- Στα μη ευαίσθητα η πρόσληψη γλυκόζης δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ινσουλίνης.
- Η μεταφορά και η οξείδωση της γλυκόζης παραμένουν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ένεκα της παρουσίας ειδικών μεταφορέων γλυκόζης GLUT1, GLUT3 και εξοκινάσης (εγκέφαλος 1mg/kg/min)



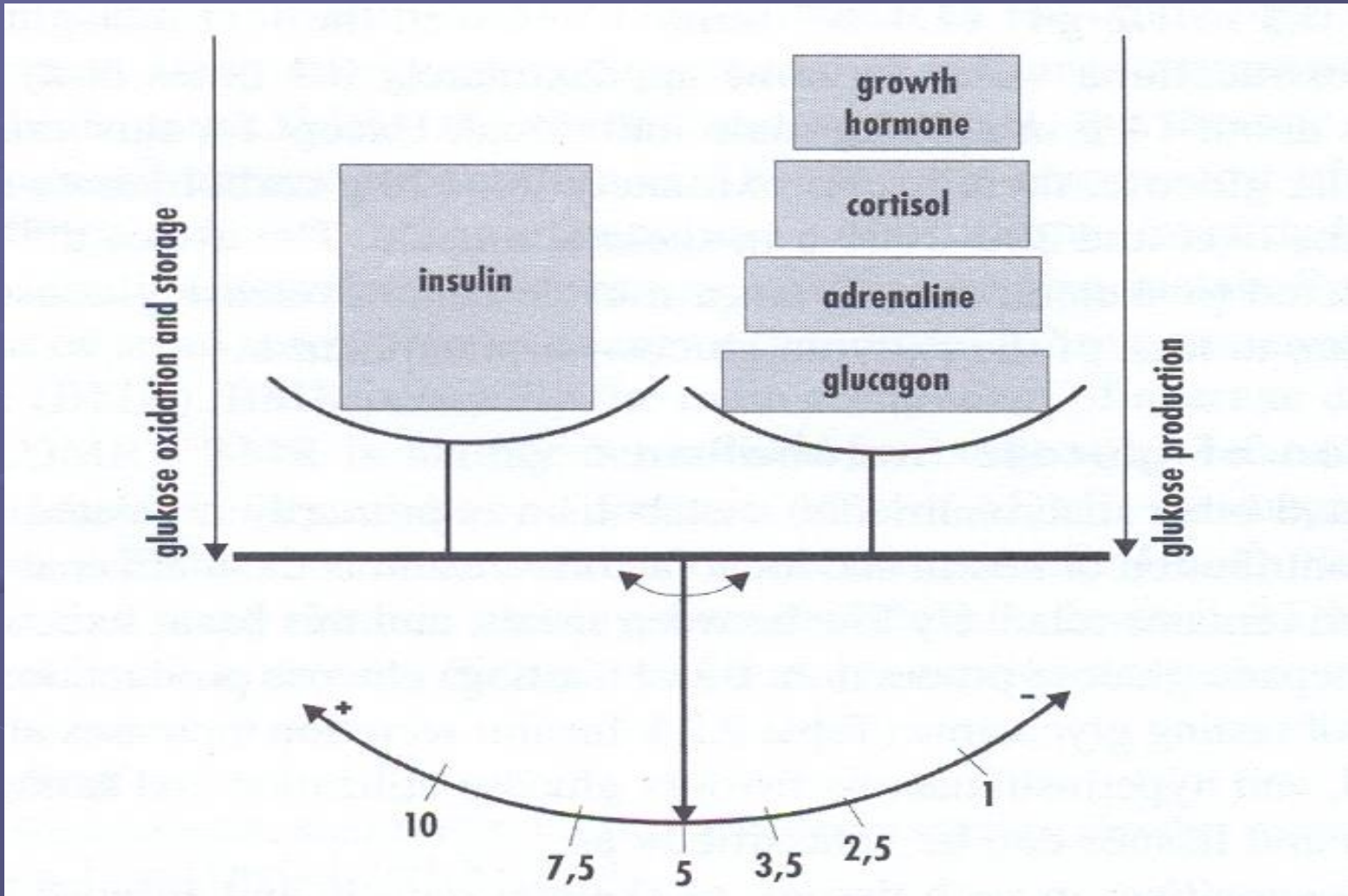
# Καταβολικές Ορμόνες

- γλυκαγόνη, ανδρεναλίνη, κορτιζόλη, βαζοπρεσίνη (αντιδιουρητική ορμόνη ADH) και αγγειοτασίνη II
- έκκριση αυτών των ορμονών αυξάνεται μεταξύ των γευμάτων ή σε καταστάσεις οξείας φλεγμονής ή stress.
- διεγείρουν τη γλυκογονόλυση
- ελαττώνουν τη σύνθεση γλυκογόνου
- μειώνουν την πρόσληψη γλυκόζης στα ινσουλίνη ευαίσθητα όργανα

# ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Επίδραση των ορμονών στο μεταβολισμό της γλυκόζης.

	ΙΝΣΟΥΛΙΝΗ	ΓΛΥΚΑΓΟΝΗ	ΚΟΡΤΙΖΟΛΗ	ΑΝΔΡΕΝΑΛΙΝΗ	ΑΥΞΗΤΙΚΗ ΟΡΜΟΝΗ
ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ	↓↓	↑↑		↑↑	
ΓΛΥΚΟΝΕΟΓΕΝΕΣΗ	↓	↑	↑↑	↑	↑
ΜΥΣ / ΛΙΠΩΔΗΣ ΙΣΤΟΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΓΛΥΚΟΖΗΣ	↑↑		↓	↓	↓
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ	↑	↓	↑	↓	↓
ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΓΛΥΚΟΖΗΣ	↑		↓	↓	↓

# Ορμονικός έλεγχος της γλυκόζης του αίματος



Ο μεταβολισμός της γλυκόζης ελέγχεται  
πλήρως από την ισορροπία μεταξύ  
της ινσουλίνης και των καταβολικών  
ορμονών



# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

- Οι πρωτεΐνες είναι αλυσίδες αμινοξέων που αναδιπλώνονται στο χώρο και αποκτούν τρισδιάστατη μορφή.
- Συνέχονται μεταξύ τους με δισουλφιδικούς δεσμούς.
- Η τρισδιάστατη αυτή μορφή τους είναι μοναδική για κάθε πρωτεΐνη και ιδιαίτερα σημαντική για την λειτουργία της.
- Οι πρωτεΐνες που προσλαμβάνονται με τη διατροφή δεν χρησιμοποιούνται στην ακέραια μορφή τους
- Διασπώνται στον οργανισμό σε αμινοξέα που είναι οι βασικές δομικές μονάδες των πρωτεϊνών.
- Τα αμινοξέα είναι 20 και ταξινομούνται σε απαραίτητα και μη απαραίτητα

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ	ΜΗ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ
Λυσίνη	Ιστιδίνη
Μεθιονίνη	Αργινίνη
Θρεονίνη	Αλανίνη
Ισολευκίνη	Ασπαραγίνη
Λευκίνη	Ασπαρτικό οξύ
Βαλίνη	Κυστεΐνη
Φαινυλαλανίνη	Γλουταμίνη
Τρυπτοφάνη	Γλυκίνη
	Σερίνη
	Προλίνη
	Τυροσίνη

# Η δεξαμενή των αμινοξέων στον οργανισμό

- Τα αμινοξέα που εισέρχονται στην κυκλοφορία μαζί με τα αμινοξέα που προέρχονται από την ενδογενή αποδόμηση των πρωτεϊνών σχηματίζουν τη δεξαμενή αμινοξέων του οργανισμού
- Η πρωτεϊνική δεξαμενή παραμένει σταθερή διότι η σύνθεση νέων πρωτεϊνών είναι ίση με την αποδόμηση και τις εξωτερικές απώλειες.
- Περιέχει μόνο το 1% του συνολικού ποσού αμινοξέων του οργανισμού



- Στον ενήλικα οι ανάγκες είναι περίπου 0,8g/kg/24h,
- Συνιστώμενη ποσότητα ανέρχεται σε 1-1,5 g/kg/24h
- Αποδίδουν θερμιδικά περίπου **4 kcal/g**
- Τα πρωτεϊνικά αποθέματα ανέρχονται σε 30000 kcal.
- Σε ενεργειακής ένδειας, μόνο οι πρωτεΐνες των σκελετικών μυών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενεργειακό απόθεμα

- Οι πρωτεΐνες αποτελούν βασικό δομικό υλικό των κυττάρων
- παίζουν σημαντικό ρόλο σε πληθώρα βιολογικών διεργασιών.
- δεν παραμένουν σε στατική μορφή αλλά συνεχώς συντίθεται και αποσυντίθεται
- Υπάρχουν πολλά είδη πρωτεϊνών όπως δομικές, ένζυμα, μεταφορείς και ιστόνες

● Ο φυσιολογικός πρωτεϊνικός μεταβολισμός περιλαμβάνει 100g αμινοξέων από την τροφή και 200g αμινοξέων ενδογενούς προέλευσης, καθημερινά.

● Σε παθολογικές καταστάσεις ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις αυξημένες ενδογενείς απώλειες.

- Στην αστία τα πρωτεϊνικά αποθέματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενεργειακό υπόστρωμα.
- Ο οργανισμός προσαρμόζεται μειώνοντας τη γλυκονεογένεση και την απέκκριση αζώτου στα ούρα εξασφαλίζοντας ως καύσιμη ύλη τη χρησιμοποίηση του λίπους και την παραγωγή κετονοσωμάτων.

- σε καταστάσεις αυξημένου μεταβολισμού όπου υπερτερεί ο καταβολισμός, τα αμινοξέα αποδομούνται
- το υπόλειμμα άνθρακος μετατρέπεται σε  $\text{CO}_2$  ή χρησιμοποιείται στο ήπαρ ως υπόστρωμα για γλυκονεογένεση
- μεταφέρονται αμινο-ομάδες στο ήπαρ όπου συντίθεται ουρία και επιστρέφουν στην περιφέρεια υπό μορφή γλυκόζης

# Ρύθμιση πρωτεϊνικού μεταβολισμού

- από ενδογενείς μεσολαβητές που εξασφαλίζουν την ισορροπία μεταξύ των αναβολικών και καταβολικών αντιδράσεων
- κυριότεροι μεσολαβητές είναι η ινσουλίνη, η γλυκαγόνη και οι κατεχολαμίνες
- Η ινσουλίνη είναι κυρίως αναβολική ορμόνη και παίζει σημαντικό ρόλο στην ομοιόσταση των αμινοξέων και πρωτεϊνών.

- Σε καταστάσεις αυξημένου μεταβολισμού έχουμε μειωμένη έκκριση ινσουλίνης και αντίσταση στην ινσουλίνη
- Οδηγεί στη χρησιμοποίηση των αμινοξέων των σκελετικών μυών για γλυκονεογένεση
- Ελαττώνεται η χρήση της γλυκόζης από τους ινσουλινο - εξαρτώμενους ιστούς

- Ο μηχανισμός αυτός παρέχει γλυκόζη σε όργανα που είναι σημαντικά για την επιβίωση (εγκέφαλος, ερυθροκύτταρα, ανοσοποιητικό σύστημα)
- Η γλυκαγόνη και η κατεχολαμίνες ανταγωνίζονται τη δράση της ινσουλίνης.



# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΛΙΠΩΝ

- Τα λίπη αντιπροσωπεύουν περίπου το 30% της ημερήσιας θερμιδικής πρόσληψης (50-80gr/day)
- Διασπώνται από εστεράσες σε τριγλυκερίδια (90%) φωσφολιπίδια, στερόλες και μαζί με τις λιποδιαλυτές βιταμίνες ενώνονται με αποπρωτεΐνες και απορροφώνται ως χυλομικρά στη λέμφο
- Αποθηκεύονται ως τριγλυκερίδια στο λιπώδη ιστό
- Αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τον οργανισμό
- Αποδίδουν θερμιδικά **9 kcal/g** που ισοδυναμεί με απόθεμα 140.000-160.000 kcal.

- Σημαντικά συστατικά όλων των ιστών του σώματος.
- Περιβάλλουν και προστατεύουν τα ζωτικά όργανα.
- Προμηθεύουν τον οργανισμό με τα απαραίτητα λιπαρά οξέα (λινολειακό και α-λινολενικό οξύ)
- Σημαντικά συστατικά για την κυτταρική μεμβράνη και τις προσταγλαδίνες
- Ανεπάρκεια των απαραίτητων λιπαρών οξέων οδηγεί σε σοβαρά κλινικά προβλήματα.

- Τα λίπη κυκλοφορούν στο πλάσμα με τη μορφή τριακυλ-γλυκερόλης (δηλ. τριγλυκερίδια), φωσφολιπιδίων, χοληστερόλης και ελεύθερων λιπαρών οξέων
- Τα λιπαρά οξέα, ανάλογα με τον αριθμό ατόμων άνθρακος στο μόριό τους, διακρίνονται σε λιπαρά οξέα βραχείας αλύσου (2-4 C), μέσης αλύσου (6-12 C) και μακράς αλύσου (14-24 C)
- Τα μακράς αλύσου, ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι διπλού ή διπλών δεσμών στο μόριό τους, διακρίνονται σε κεκορεσμένα και ακόρεστα.

- Ανάλογα με τη θέση του πρώτου διπλού δεσμού στο μόριό τους διακρίνονται σε  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 και  $\omega$ -9 λιπαρά οξέα
- Τα μακράς αλυσού λιπαρά οξέα υδρολύονται σε γλυκερόλη και ελεύθερα λιπαρά οξέα με τη βοήθεια του ενζύμου λιποπρωτεϊνική λιπάση.
- Αυτά τα μεταβολικά ενεργά λιπίδια είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας και μεταφέρονται στα μιτοχόνδρια συζευγμένα με καρνιτίνη όπου με τη διαδικασία της οξείδωσης παράγουν ATP.

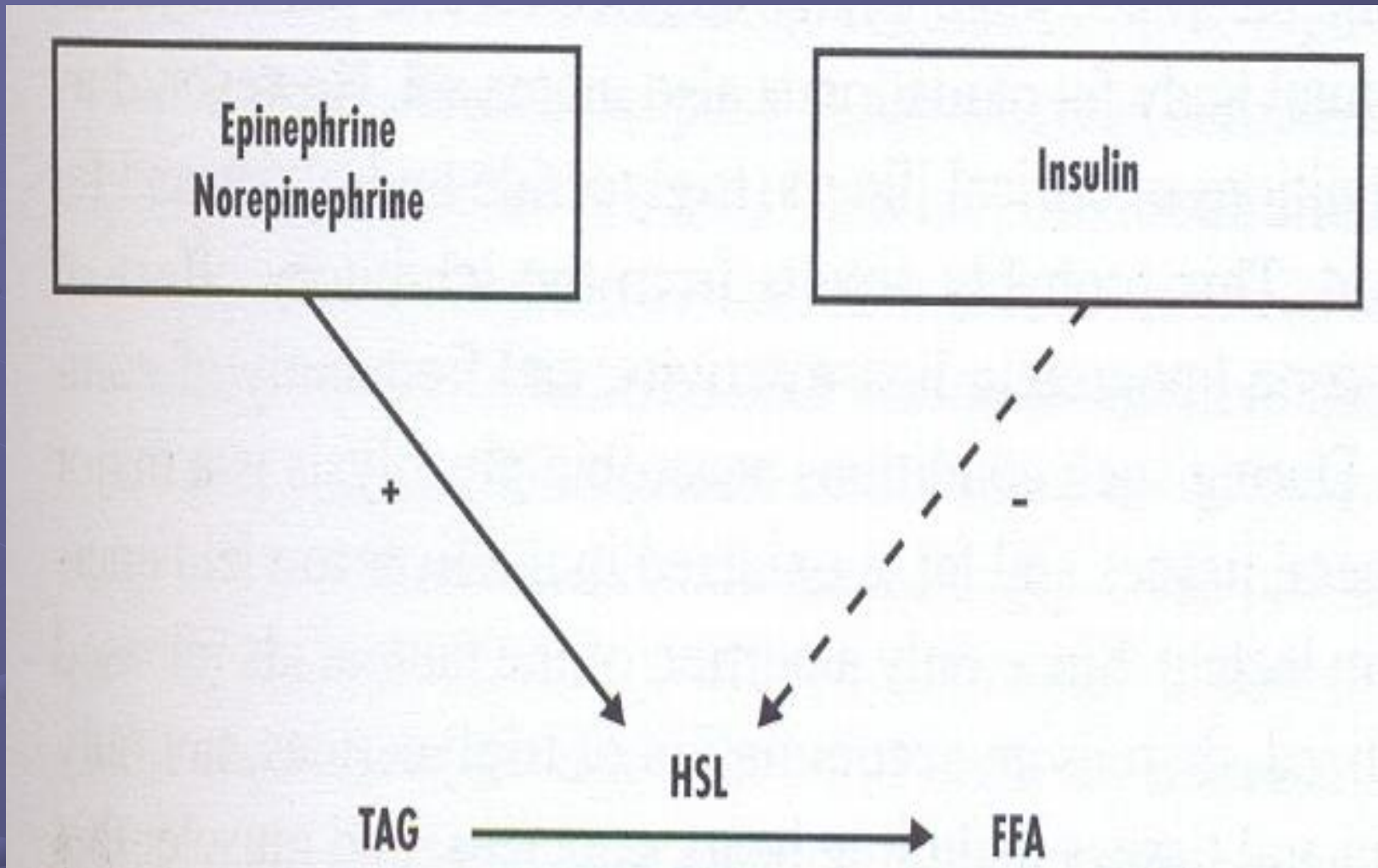
- Χυλομικρά, VLDL, HDL, LDL είναι μεταφορείς των λιπιδίων
- Χυλομικρά βρίσκονται στα εντεροκύτταρα
- VLDL, HDL και LDL συντίθενται στο ήπαρ
- Χυλομικρά, και VLDL μεταφέρουν τριακυλ – γλυκερόλη
- HDL (καλή) και LDL (κακή) μεταφέρουν χοληστερόλη

- Η ινσουλίνη είναι βασική ορμόνη και παίζει πρωτεύοντα ρόλο στο μεταβολισμό των λιπών.
- Ενισχύει τη δράση της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης και προάγει τη σύνθεση των τριγλυκεριδίων από τα λιπαρά οξέα

- Σε περιπτώσεις αυξημένου μεταβολισμού η κύρια πηγή ενέργειας είναι το ενδογενές λίπος.
- Η κινητοποίηση λιπαρών οξέων από τα αποθέματα λίπους του οργανισμού αυξάνεται σημαντικά με την επίδραση των καταβολικών ορμονών γλυκαγόνης, νοραδρεναλίνης, ACTH, TSH και αυξητικής ορμόνης, η δράση των οποίων υπερισχύει της ινσουλίνης



# Επίδραση ορμονών στην λιποπρωτεϊνική λιπάση



- Όταν η προσλαμβανόμενη γλυκόζη είναι ανεπαρκής, αυξάνεται η λιπόλυση στο ήπαρ μετατρέποντας τα λιπαρά οξέα σε κετονοσώματα
- απελευθερώνονται από το ήπαρ και προσλαμβάνονται κυρίως από το μυϊκό ιστό όπου και οξειδώνονται αποδίδοντας 4.2kcal/g.
- Επειδή δεν είναι απαραίτητη η σύζευξη με καρνιτίνη για να διασχίζουν τη μιτοχονδριακή μεμβράνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα από το μυϊκό ιστό απ' ότι τα λιπαρά οξέα

● Τα κετονοσώματα είναι πηγή ενέργειας για τον εγκέφαλο που δεν μπορεί να οξειδώσει λιπαρά οξέα

● Τα μέσης αλύσου τριγλυκερίδια οξειδώνονται γρήγορα και παρέχουν ενέργεια σε όλους τους ιστούς

# ΒΑΣΙΚΑ ΜΥΝΗΜΑΤΑ

- Η γλυκόζη είναι ο σημαντικότερος υδατάνθρακας του μεταβολισμού, συμμετέχει σε βασικές βιοσυνθετικές διαδικασίες και αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας στον οργανισμό
- Οι βασικότεροι μηχανισμοί παραγωγής της γλυκόζης είναι η ηπατική γλυκογονόλυση και η γλυκονεογένεση στο ήπαρ τους νεφρούς και το έντερο
- Η σύνθεση και αποθήκευση του γλυκογόνου ελέγχεται ορμονικά
- Η ινσουλίνη αναστέλλει τη γλυκονεογένεση, ελαττώνει το βαθμό αποδόμησης του γλυκογόνου και διεγείρει τη πρόσληψη γλυκόζης στους ιστούς.
- Οι καταβολικές ορμόνες όπως η γλυκαγόνη, η ανδρεναλίνη, η κορτιζόλη, η βαζοπρεσίνη και η αγγειοτασίνη II διεγείρουν τη γλυκογονόλυση, ελαττώνουν τη σύνθεση γλυκογόνου και μειώνουν την πρόσληψη γλυκόζης

- Οι πρωτεΐνες έχουν σημαντικό ρόλο στις βιολογικές διαδικασίες
- Συνεχώς συντίθεται και αποσυντίθεται κρατώντας σταθερή τη δεξαμενή των αμινοξέων στον οργανισμό
- Ο πρωτεϊνικός μεταβολισμός ρυθμίζεται από ενδογενείς μεσολαβητές που εξασφαλίζουν την ισορροπία μεταξύ των αναβολικών και καταβολικών αντιδράσεων
- Σε περιπτώσεις ενεργειακής ένδειας, μόνο οι πρωτεΐνες των σκελετικών μυών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενεργειακό απόθεμα

- Τα λίπη αποτελούν σημαντικά συστατικά όλων των ιστών του σώματος
- Προμηθεύουν τον οργανισμό με τα απαραίτητα λιπαρά οξέα
- Αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τον οργανισμό
- Αποθηκεύονται στο λιπώδη ιστό
- Η ινσουλίνη είναι βασική ορμόνη και παίζει πρωτεύοντα ρόλο στο μεταβολισμό των λιπών
- Η λιπόλυση στο ήπαρ ελευθερώνει λιπαρά οξέα ή μετατρέπει τα λιπαρά οξέα σε κετονοσώματα
- Μεταξύ γευμάτων τα λιπαρά οξέα απελευθερώνονται και χρησιμοποιούνται ως ενεργειακό υπόστρωμα στο ήπαρ και στους υπόλοιπους ιστούς