

# Αθλητική Διατροφή Θεωρία

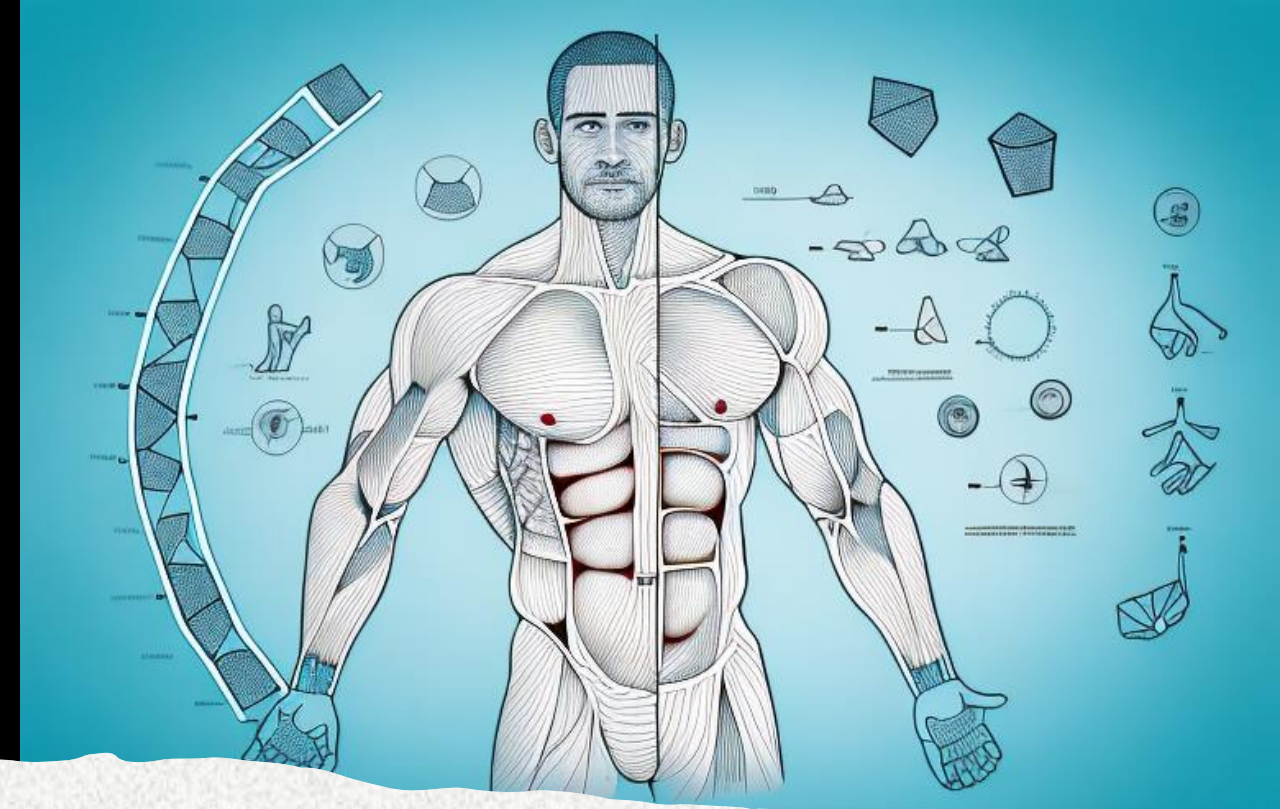
Dr Αναστάσιος Βαμβάκης

Κλινικός – Αθλητικός

Διαιτολόγος – Διατροφολόγος

Εκπαιδευτής Ανθρωπομετρίας ISAK





# Πρωτεΐνες και Αθλητισμός

## ΜΗ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ

### Μη απαραίτητα αμινοξέα

- Αλανίνη
- Αργινίνη
- Ασπαράγινη
- Ασπαρτικό
- Κυστεΐνη
- Γλουταμινικό
- Γλουταμίνη
- Γλυκίνη
- Προλίνη
- Σερίνη
- Τυροσίνη

### Απαραίτητα αμινοξέα

- Ιστιδίνη
- Ισολευκίνη
- Λευκίνη
- Λυσίνη
- Μεθειονίνη
- Φαινυλαλανίνη
- Θρεονίνη
- Τρυπτοφάνη
- Βαλίνη

- Τα **αμινοξέα** είναι τα δομικά στοιχεία όλων των πρωτεϊνών
- Τα αμινοξέα συνδέονται με **πεπτιδικούς δεσμούς** και μετά τη σύνδεση ονομάζονται πεπτίδια
- Οι περισσότερες πρωτεΐνες είναι πολυπεπτίδια που συνδυάζουν έως και 300 αμινοξέα
- Είναι πρόδρομες ουσίες και ρυθμιστές της σύνθεσης σημαντικών μεταβολικών ενώσεων με ρυθμιστική βιολογική δραστηριότητα (π.χ. **νευροδιαβιβαστές**, ορμόνες, **DNA**, και **RNA**)

# Πρωτεϊνικές Ανάγκες Πληθυσμού

- Η συνιστώμενη πρόσληψη πρωτεϊνών, για το γενικό πληθυσμό, ποικίλλει παγκοσμίως από 0,8 έως 1,2 g/kg σωματικού βάρους
- Η πρόσληψη πρωτεΐνης στον Δυτικό κόσμο συνήθως υπερβαίνει κατά πολύ τις συστάσεις με μέσο όρο περίπου 80 έως 100 g/ημέρα

# Ποιότητα Πρωτεΐνης

- Η πρωτεΐνη που περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα ονομάζεται πλήρης πρωτεΐνη ή υψηλής ποιότητας
- Η πρωτεΐνη που είναι ανεπαρκής σε ένα ή περισσότερα αμινοξέα ονομάζεται ελλιπής πρωτεΐνη ή πρωτεΐνη χαμηλής ποιότητας
- Η ατελής πρωτεΐνη δεν είναι σε θέση να υποστηρίξει την ανθρώπινη ζωή και ανάπτυξη
- Η ζωική πρωτεΐνη είναι γενικά υψηλότερης ποιότητας από τη φυτική πρωτεΐνη, επειδή περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα σε μεγαλύτερες ποσότητες αλλά και σε σωστές αναλογίες
- Η ποιότητα των πρωτεϊνών εξαρτάται καθαρά από τα είδη των αμινοξέων που υπάρχουν στην πρωτεΐνη

Η ποιότητα μιας πρωτεΐνης σχετίζεται με το βαθμό στον οποίο η πρωτεΐνη αυτή συμβάλλει στην κάλυψη των ημερήσιων αναγκών. Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση της ποιότητας των πρωτεϊνών ενός τροφίμου. Η πιο πρόσφατη μέθοδος είναι η βαθμολογία αμινοξέων διορθωμένης πεπτικότητας (PDCAAS). Η PDCAAS είναι μια μέθοδος αξιολόγησης της ποιότητας των πρωτεϊνών με βάση τις ανάγκες του ανθρώπου σε αμινοξέα. Χρησιμοποιώντας το PDCAAS, η κατάταξη της ποιότητας των πρωτεϊνών καθορίζεται από τη σύγκριση του προφίλ αμινοξέων μιας συγκεκριμένης πρωτεΐνης τροφίμου με ένα στάνταρ πρότυπο προφίλ αμινοξέων. Η μέγιστη βαθμολογία 1,0 σημαίνει ότι μετά την πέψη της πρωτεΐνης, παρέχεται, ανά μονάδα πρωτεΐνης, το 100% ή περισσότερο των απαραίτητων αμινοξέων που απαιτούνται. Παρόλο που η ταξινόμηση αυτή υιοθετήθηκε από α) την Αμερικανική Υπηρεσία Food and Drug Administration (FDA), β) τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών και γ) τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας το 1993 ως «η προτιμώμενη καλύτερη» μέθοδος για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών ποιότητας, έχει δεχθεί πολλές επικρίσεις. Οι άνθρωποι σπάνια καταναλώνουν μία μόνο πηγή πρωτεΐνης και ως εκ τούτου, η ύπαρξη πληροφοριών για μεμονωμένες πηγές πρωτεΐνης δεν παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα της πρωτεΐνης της συνολικής διατροφής, εκτός εάν όλες οι πηγές τροφίμων που περιέχουν πρωτεΐνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί μια μέση βαθμολογία. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι κοινές πηγές πρωτεΐνης, οι οποίες έχουν διαφορετικά προφίλ αμινοξέων, λαμβάνουν πανομοιότυπη βαθμολογία 1,0, αυτό περιορίζει τη χρησιμότητά της συγκεκριμένης μεθόδου ως συγκριτικό εργαλείο. Ελλείψει όμως κάποιας καλύτερης μεθόδου, το PDCAAS χρησιμοποιείται συχνά.

Μια τιμή PDCAAS 1,0 είναι η υψηλότερη και 0,0 η χαμηλότερη. Ακολουθούν οι βαθμολογίες για ορισμένες κοινές τροφές:

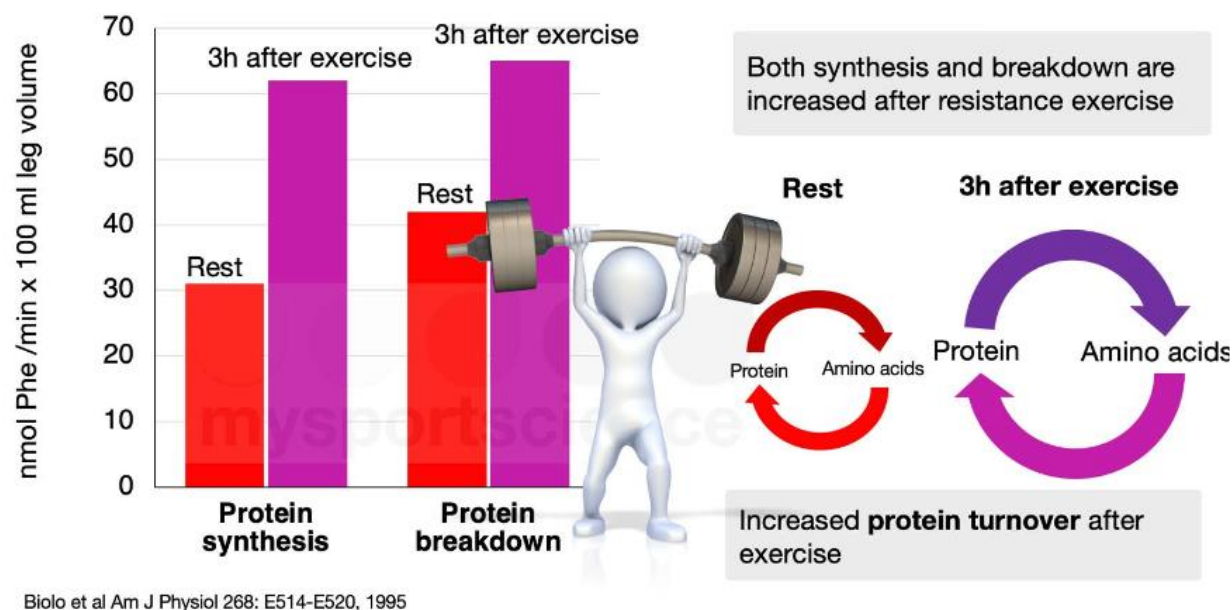
## Πρωτεϊνικό σκορ τροφίμων

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| Ορός γάλακτος (πρωτεΐνη γάλακτος) | 1.0  |
| Ασπράδι αυγού                     | 1.0  |
| Καζεΐνη (πρωτεΐνη γάλακτος)       | 1.0  |
| Γάλα                              | 1.0  |
| Απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας       | 1.0  |
| Μοσχάρι                           | 0.92 |
| Σόγια                             | 0.91 |
| Φασόλια                           | 0.68 |
| Σίκαλη                            | 0.68 |
| Σιτάρι ολικής άλεσης              | 0.54 |

- Οι πρωτεΐνες του σώματος υπόκεινται σε διαρκή εναλλαγή, δηλαδή συνεχώς συντίθενται και αποδομούνται για τη διατήρηση της βέλτιστης λειτουργίας τους.
- Η εναλλαγή των πρωτεϊνών πραγματοποιείται με διαφορετικό ρυθμό που κυμαίνεται από λεπτά μέχρι ημέρες.
- Παρά την μάζα των πρωτεϊνών στους μυς (40% του σώματος), ο ρυθμός της εναλλαγής πρωτεϊνών σε αυτούς αντιστοιχεί μόλις στο 25% -35% της συνολικής εναλλαγής πρωτεϊνών στο σώμα.
- Οι μυϊκές πρωτεΐνες εναλλάσσονται αρκετά αργά συγκριτικά με τις πρωτεΐνες του αίματος.
- Οι πιο άφθονες πρωτεΐνες στους μυς είναι οι συσταλτές πρωτεΐνες ακτίνη-μυοσίνη (80-90 % του συνόλου των μυϊκών πρωτεϊνών)
- Τόσο οι δομικές πρωτεΐνες που σχηματίζουν τα μυϊκά ινίδια όσο και αυτές που δρουν σαν **ένζυμα** στο μυϊκό κύτταρο μεταβάλλονται στα πλαίσια της προσαρμογής στην άσκηση.

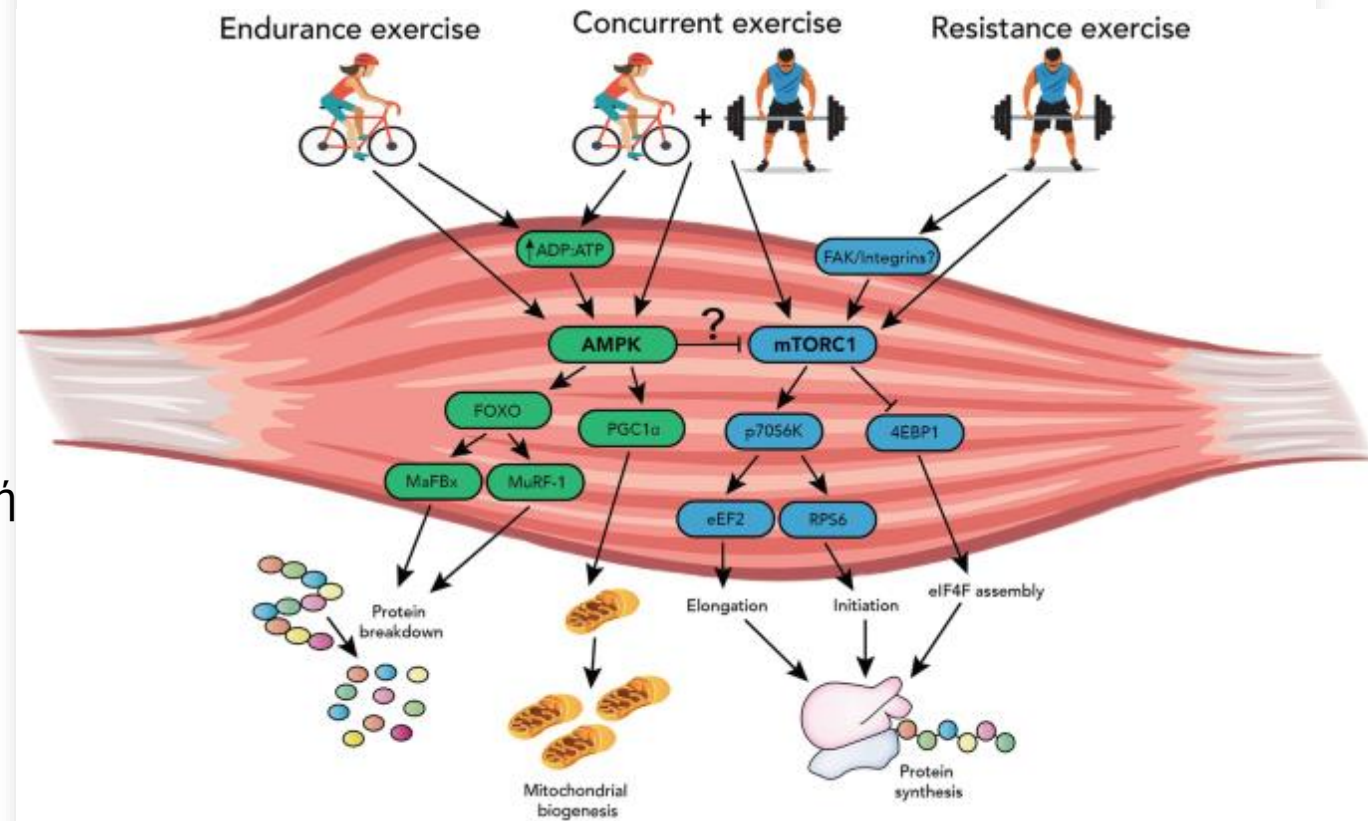
## Εναλλαγή πρωτεϊνών στο σώμα

### Exercise increases protein breakdown AND synthesis

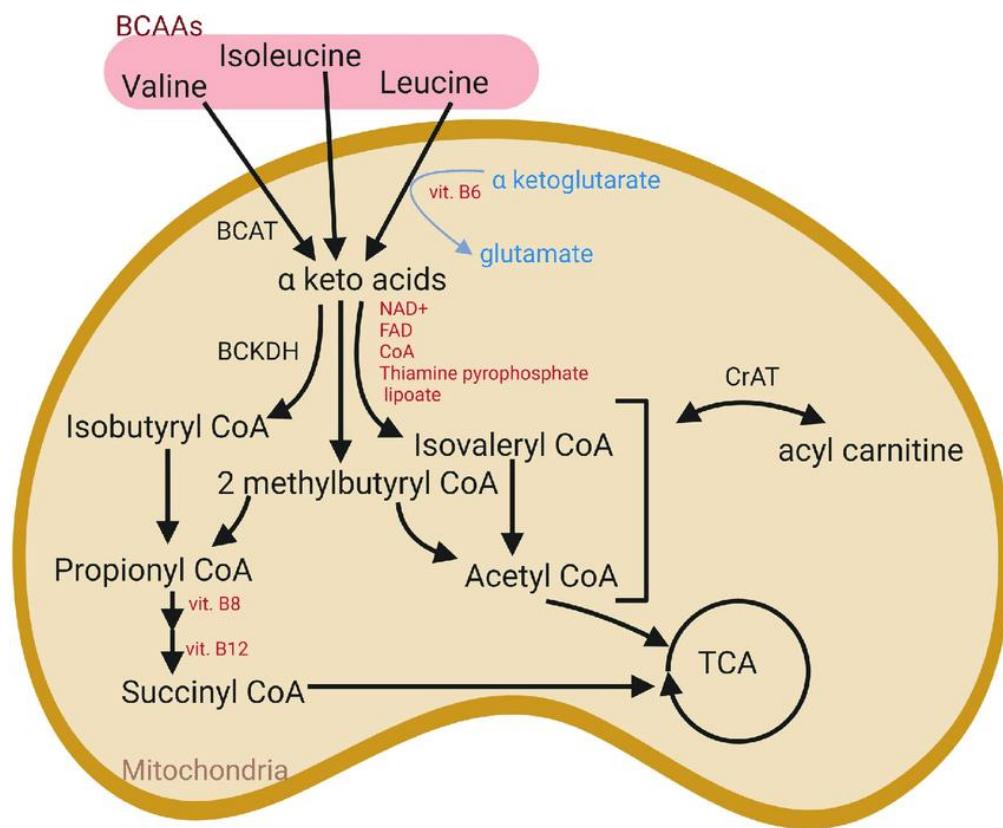


# Είδος άσκησης και επίδραση στο πρωτεϊνικό μεταβολισμό

- Ο τύπος της εκγύμνασης έχει σημαντική επίδραση στην πρωτεϊνική εναλλαγή και στις προσαρμοστικές αντιδράσεις
- Οι ασκήσεις αντοχής έχουν ελάχιστη επίδραση στη μυϊκή μάζα ή στη συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, ενώ η άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να αυξήσει τη μυϊκή μάζα και το συνολικό πρωτεϊνικό περιεχόμενο, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της δύναμης όταν η πρόσληψη των πρωτεϊνών με τη διατροφή είναι επαρκής



# Διακλαδισμένα αμινοξέα



- Τα πιο άφθονα αμινοξέα στους μυς είναι τα **τρία αμινοξέα διακλαδισμένης αλύσου (ΑΔΑ)** (branched-chain amino acids, BCAA), δηλαδή η **λευκίνη**, η **βαλίνη** και η **ισολευκίνη**, που συνολικά αντιστοιχούν στο 20% του συνόλου των αμινοξέων που υπάρχουν στις πρωτεΐνες των μυών.
- Οι πρωτεΐνες του κρέατος και των γαλακτοκομικών προϊόντων έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ΑΔΑ



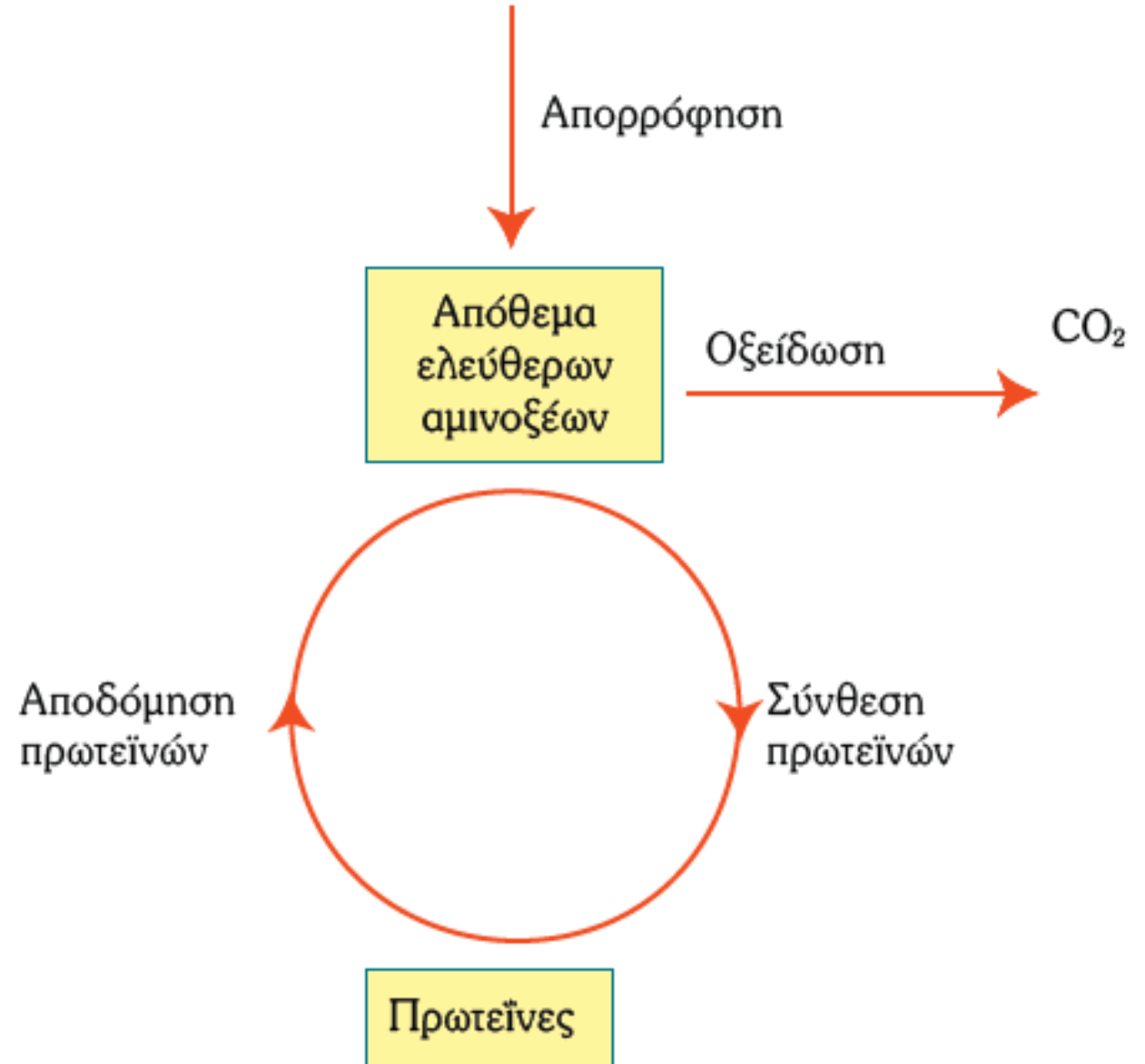
# Πρωτεΐνες

Η διατροφική πρωτεΐνη αλληλεπιδρά με την άσκηση και:

- Παρέχει τόσο ένα **έναυσμα** όσο και ένα **υπόστρωμα** για τη **σύνθεση δομικών και μεταβολικών πρωτεϊνών**
- Ενισχύει τις δομικές αλλαγές σε μη μυϊκούς ιστούς όπως οι τένοντες και τα οστά.
- Η δραστηριότητα του συνθετικού μηχανισμού πρωτεϊνών διεγείρεται σε απόκριση της αύξησης των συγκεντρώσεων **λευκίνης** (απαραίτητο αμινοξύ) και της παροχής μιας εξωγενούς πηγής αμινοξέων

# Μεταβολισμός πρωτεϊνών

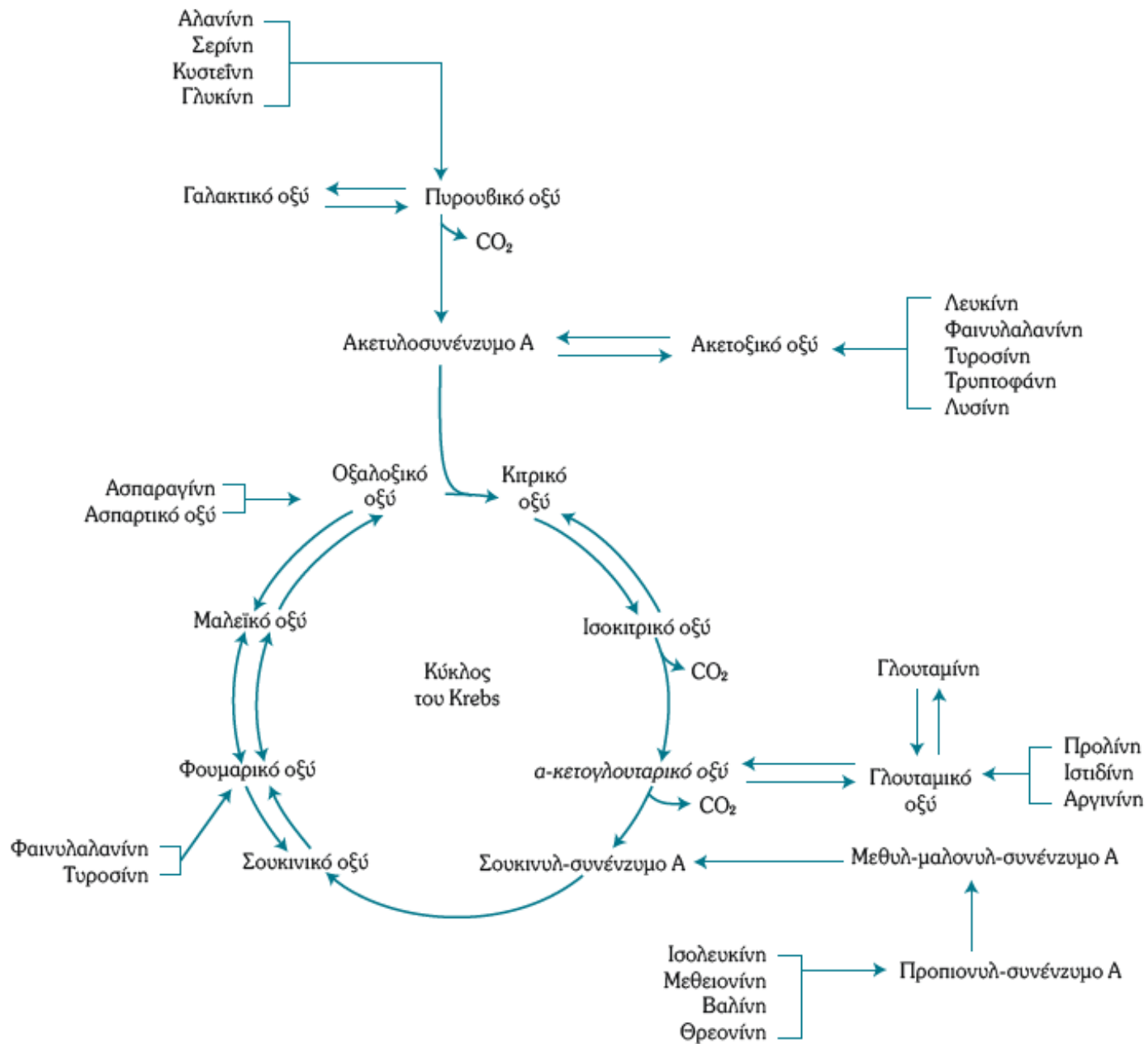
- Τα αμινοξέα εισέρχονται στο απόθεμα των ελεύθερων αμινοξέων από τη διατροφή (απορρόφηση) ή από την αποδόμηση των πρωτεϊνών.
- Τα αμινοξέα απομακρύνονται από το απόθεμα των ελεύθερων αμινοξέων για τη σύνθεση των πρωτεϊνών ή για την οξείδωση σε διοξείδιο του άνθρακα



# Αποδόμηση των Πρωτεϊνών

**Η αποδόμηση των πρωτεϊνών εξυπηρετεί τρεις κύριους σκοπούς:**

- 1. Διασπά τις πρωτεΐνες που έχουν δυνητικά υποστεί βλάβη, ώστε να προλάβει την έκπτωση της λειτουργίας τους. Σημειώνεται ότι συνήθως παρατηρείται καθαρή αντικατάσταση αυτών των αποδομημένων πρωτεϊνών
- 2. Παρέχει ενέργεια όταν ορισμένα αμινοξέα μετατρέπονται σε ακετυλο-συνένζυμο Α (acetyl-CoA) ή σε ενδιάμεσα προϊόντα του κύκλου του Krebs και οξειδώνονται στα μιτοχόνδρια
- 3. Μεμονωμένα αμινοξέα είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση άλλων ουσιών, συμπεριλαμβανομένων νευροδιαβιβαστών (π.χ. **σεροτονίνης**), ορμονών (π.χ. επινεφρίνης), πουρινών και πυριμιδινών (δομικών στοιχείων του DNA και του RNA), κρεατίνης, καρνιτίνης, καρνοσίνης, γλουταθειόνης και άλλων πεπτιδίων και πρωτεϊνών



Αλληλεπιδράσεις  
μεταξύ των  
αμινοξέων και  
του κύκλου του  
Krebs

# Τρανσαμίνωση

- Προτού τα αμινοξέα μπορέσουν να οξειδωθούν, θα πρέπει να απομακρυνθεί η αμινομάδα.
- Αυτό μπορεί να επιτευχθεί για κάποια αμινοξέα με τη μεταφορά της σε ένα άλλο μόριο που ονομάζεται **κετοξύ**, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός διαφορετικού αμινοξέος.
- Η διαδικασία αυτή, που ονομάζεται **τρανσαμίνωση**, καταλύεται από ένζυμα που ονομάζονται αμινοτρανσφεράσες (τρανσαμινάσες)



## ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟ ΝΑ ΥΠΟΒΛΗΘΟΥΝ ΣΕ ΤΡΑΝΣΑΜΙΝΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΛΟΥΤΑΜΙΚΟ ΟΞΥ

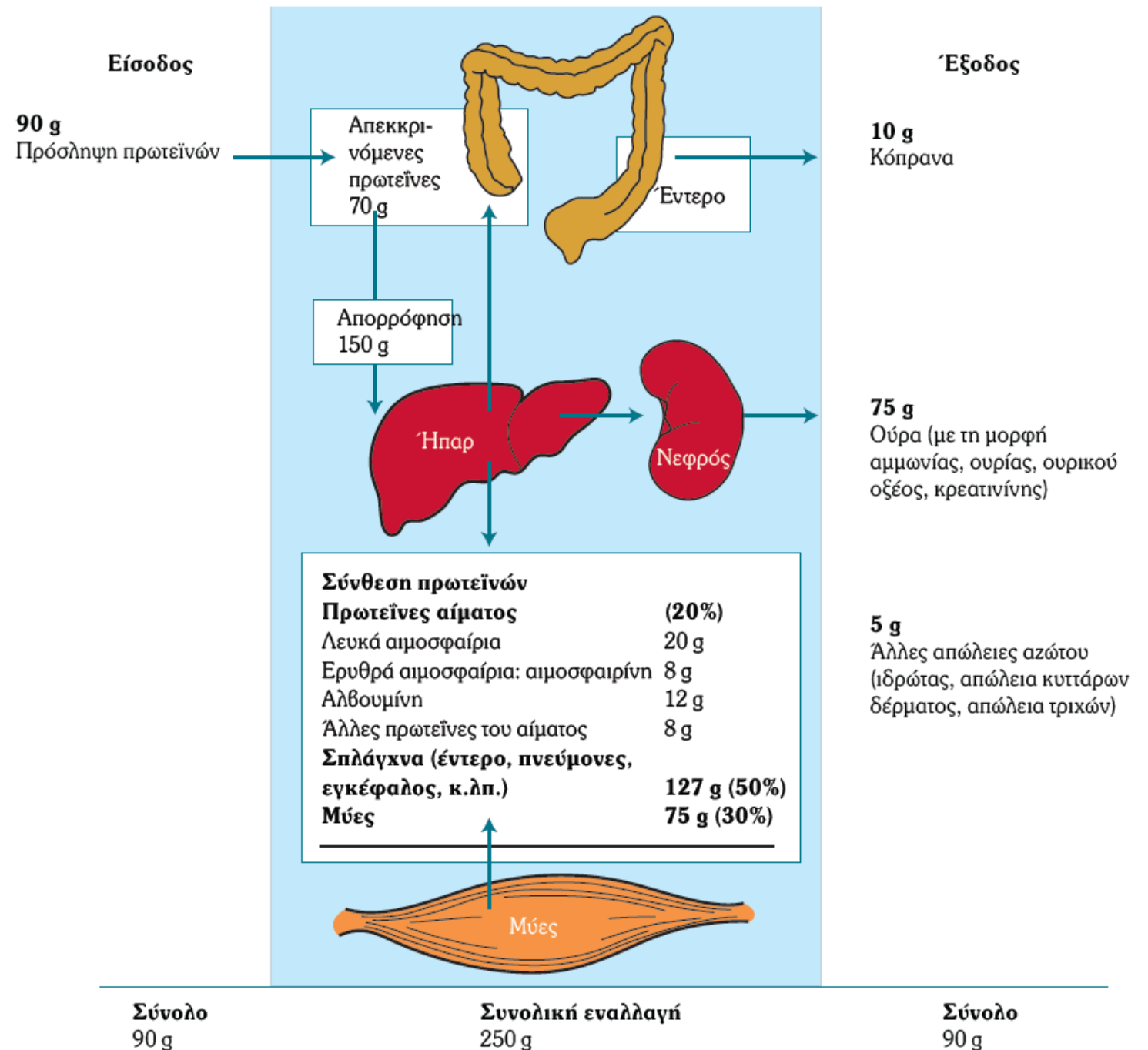
- Λευκίνη
- Βαλίνη
- Ισολευκίνη
- Αλανίνη

- Ασπαρτικό οξύ
- Γλουταμίνη
- Αμμωνία + α-κετογλουταρικό οξύ

# Οδοί Αποδόμησης των Αμινοξέων

| Μεταβολική οδός                                   | Σημαντικά ένζυμα              | Τελικό προϊόν αζώτου        | Τελικό προϊόν άνθρακα                     |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
| ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΝΤΑΙ ΣΕ ΑΛΛΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ       |                               |                             |                                           |
| Ασπαραγίνη                                        | Ασπαραγινάση                  | Ασπαρτικό οξύ + αμμωνία     |                                           |
| Γλουταμίνη                                        | Γλουταμινάση                  | Γλουταμικό οξύ + αμμωνία    |                                           |
| Αργινίνη                                          | Αργινάση                      | Ορνιθίνη + ουρία            |                                           |
| Φαινυλαλανίνη                                     | Υδροξυλάση της φαινυλαλανίνης | Τυροσίνη                    |                                           |
| Προλίνη                                           |                               | Γλουταμικό οξύ              |                                           |
| Κυστεΐνη                                          |                               | Ταυρίνη                     |                                           |
| ΤΡΑΝΣΑΜΙΝΩΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΓΛΟΥΤΑΜΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ |                               |                             |                                           |
| Αλανίνη                                           |                               | Γλουταμικό οξύ              | Πυρροβικό οξύ                             |
| Ασπαρτικό οξύ                                     |                               | Γλουταμικό οξύ              | Οξαλοξικό οξύ                             |
| Λευκίνη                                           |                               | Γλουταμικό οξύ              | Κετόνες                                   |
| Ισολευκίνη                                        |                               | Γλουταμικό οξύ              | Σουκινικό οξύ                             |
| Βαλίνη                                            |                               | Γλουταμικό οξύ              | Σουκινικό οξύ                             |
| Ορνιθίνη                                          |                               | Δύο μόρια γλουταμικού οξέος | α-κετογλουταρικό οξύ                      |
| Τυροσίνη                                          |                               | Γλουταμικό οξύ              | Κετόνη + φουμαρικό οξύ                    |
| Κυστεΐνη                                          |                               | Γλουταμικό οξύ              | Κετόνη + SO <sup>2</sup> -4 (θειική ρίζα) |
| ΑΛΛΕΣ ΟΔΟΙ                                        |                               |                             |                                           |
| Σερίνη                                            | Αφυδρατάση της σερίνης        | Αμμωνία                     | Πυρροβικό οξύ                             |
| Θρεονίνη                                          | Αφυδρατάση της θρεονίνης      | Αμμωνία                     | Κετοβουτυρικό οξύ                         |
| Ιστιδίνη                                          | Ιστιδάση                      | Αμμωνία                     | Ουροκανικό οξύ                            |
| Τρυπτοφάνη                                        |                               | Αμμωνία                     | Κυνουρενίνη                               |
| Γλυκίνη                                           |                               | Αμμωνία                     | Διοξείδιο του άνθρακα                     |
| Μεθειονίνη                                        |                               | Αμμωνία                     | Κετοβουτυρικό οξύ                         |
| Λυσίνη                                            |                               | Δύο μόρια γλουταμικού οξέος | Οξικό οξύ                                 |

# Ημερήσιο ισοζύγιο πρωτεϊνών στον άνθρωπο



# Προϊόντα που Συντίθενται από Αμινοξέα

| Προϊόν           | Συντίθεται από                           | Προϊόν                                                                        | Συντίθεται από              |
|------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Κρεατίνη         | Αργινίνη<br>Γλυκίνη<br>Μεθειονίνη        | Πυριμιδίνες                                                                   | Ασπαρτικό οξύ<br>Γλουταμίνη |
| Γλουταθειόνη     | Κυστεΐνη<br>Ταυρίνη<br>Γλουταμίνη        | Ισταμίνη<br>Καρνιτίνη                                                         | Ιστιδίνη<br>Λυσίνη          |
| Νευροδιαβιβαστές | Γλουταμικό οξύ<br>Τυροσίνη<br>Τρυπτοφάνη | Χολίνη<br>Σερίνη                                                              | Μεθειονίνη                  |
| Πουρίνες         | Ασπαρτικό οξύ<br>Γλουταμίνη<br>Γλυκίνη   | Τριϊωδοθυρονίνη (T3)<br>Τετραϊωδοθυρονίνη (T4)<br>Επινεφρίνη<br>Νορεπινεφρίνη | Τυροσίνη                    |

# Τεχνικές Μελέτης του Μεταβολισμού των Πρωτεϊνών και Αμινοξέων

- Συγκέντρωση της ουρίας στα ούρα, στο αίμα και στον ιδρώτα.
- Συγκέντρωση 3-μεθυλιστιδίνης στα ούρα και στο αίμα (δείκτης αποδόμησης των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων).
- Ισοζύγιο του αζώτου (πρόσληψη μείον απέκκριση του αζώτου στον ιδρώτα, στα κόπρανα και στα ούρα).
- Αρτηριοφλεβικές μετρήσεις αμινοξέων στο εύρος ενός ιστού, π.χ. μυός σε μία κοίτη ιστού.
- Ραδιοσημασμένα ισότοπα.
- Σταθερά ισότοπα, συμπεριλαμβανομένων:
  - Ενσωμάτωση ιχνηθέτη σε μία συγκεκριμένη πρωτεΐνη (πρωτεΐνοσύνθεση), που αποκαλείται συχνά κλασματικός ρυθμός σύνθεσης (fractional synthetic rate, FSR)
  - Απελευθέρωση ιχνηθέτη από μία συγκεκριμένη πρωτεΐνη (αποδόμηση πρωτεϊνών), που αποκαλείται συχνά κλασματικός ρυθμός αποδόμησης (fractional breakdown rate, FBR)





# Μέθοδοι Εκτίμησης του Μεταβολισμού των Πρωτεϊνών

---

| Μέθοδος                                                                                   | Πλεονεκτήματα                                                                                                                                          | Μειονεκτήματα και περιορισμοί                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Συγκέντρωση της ουρίας στα ούρα και στον ιδρώτα                                           | Εύκολη· σχετικά φθηνή.                                                                                                                                 | Παρέχει αδρές μόνο εκτιμήσεις· επηρεάζεται σημαντικά από τη διατροφή (πρόσληψη πρωτεϊνών).                                                                                                                                     |
| 3-μεθυλιστιδίνη στα ούρα                                                                  | Απλό μέτρο της αποδόμησης των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων.                                                                                            | Παρέχει αδρές μόνο εκτιμήσεις της αποδόμησης των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων· απαιτεί αυστηρό έλεγχο της κατανάλωσης κρέατος· δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις πραγματικές μεταβολές της μυϊκής μάζας.                  |
| Ισοζύγιο του αζώτου (πρόσληψη μείον απέκκριση αζώτου στον ιδρώτα και στα ούρα)            | Ακριβής μέθοδος όταν χρησιμοποιείται για σχετικά παρατεταμένες χρονικές περιόδους (π.χ. μία εβδομάδα ή περισσότερο).                                   | Δύσκολη και χρονοβόρος· τείνει να υπερεκτιμά την κατακράτηση του αζώτου· συνήθως αγνοεί την απώλεια αζώτου με τον ιδρώτα· εξαρτάται κατά πολύ από τη συμμόρφωση του ατόμου· δεν παρέχει πληροφορίες για τις μεταβολικές οδούς. |
| Αρτηριοφλεβικές μετρήσεις των αμινοξέων στο εύρος ενός μυός, κατά μήκος μίας κοίτης ιστού | Παρέχει πληροφορίες για την καθαρή ανταλλαγή αμινοξέων σε έναν ιστό· καθαρή πρόσληψη απαραίτητων αμινοξέων σε σχέση με τον ρυθμό της πρωτεϊνοσύνθεσης. | Επεμβατική· μπορεί να έχει μεγάλη διακύμανση ανάλογα με τη μέτρηση της ροής του αίματος.                                                                                                                                       |
| Ραδιοσημασμένα ισότοπα                                                                    | Σχετικά φθηνή μέθοδος· σχετικά εύκολη μέτρηση· απαιτούνται μικρές ποσότητες ιχνηθέτη.                                                                  | Δυσνητικός κίνδυνος για την υγεία επειδή είναι ραδιενεργά.                                                                                                                                                                     |
| Σταθερά ισότοπα                                                                           | Κανένας κίνδυνος για την υγεία.                                                                                                                        | Σχετικά ακριβή μέθοδος· για την ανάλυση απαιτείται ειδικός εξοπλισμός.                                                                                                                                                         |
| Ενσωμάτωση ιχνηθέτη σε μία συγκεκριμένη πρωτεΐνη (πρωτεϊνοσύνθεση)                        | Παρέχει άμεσες πληροφορίες για την πρωτεϊνοσύνθεση σε έναν ιστό.                                                                                       | Επεμβατική μέθοδος (απαιτούνται ιστικές βιοψίες)· σχετικά ακριβή· για την ανάλυση απαιτείται ειδικός εξοπλισμός.                                                                                                               |
| Κλασματικός ρυθμός σύνθεσης και κλασματικός ρυθμός αποδόμησης                             | Κανένας κίνδυνος για την υγεία (χρησιμοποιεί σταθερά ισότοπα).                                                                                         | Βραχυπρόθεσμη μέτρηση· δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις πραγματικές μεταβολές της μυϊκής μάζας· σχετικά ακριβή μέθοδος· για την ανάλυση απαιτείται ειδικός εξοπλισμός.                                                   |



# Απαιτήσεις σε Πρωτεΐνες για την Άσκηση

Οι επιστήμονες που θεωρούν ότι οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνες είναι μεγαλύτερες για τους αθλητές και τα άτομα που ασκούνται προσφέρουν δύο πιθανές εξηγήσεις:

1. Τα αμινοξέα είναι δυνατό να οξειδωθούν κατά την άσκηση.
2. Η αυξημένη πρωτεϊνοσύνθεση είναι απαραίτητη για την επιδιόρθωση των βλαβών και αποτελεί τη βάση για τις προσαρμογές της άσκησης.

## Συστάσεις για τους Αθλητές Αντοχής

- Οι μελέτες ισοζυγίου του αζώτου (Houltham and Rowlands 2014· Tarnopolsky 2004) δείχνουν ότι οι αθλητές αντοχής πρέπει να καταναλώνουν περίπου 1,2 έως 1,4 g πρωτεϊνών ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα προκειμένου να διατηρήσουν το ισοζύγιο του αζώτου
- Η πιο πρόσφατη εφαρμογή της τεχνικής IAAO σε αθλητές αντοχής (Kato et al. 2016) έχει αποδείξει ότι οι μεταβολικές απαιτήσεις για πρωτεΐνες σε μία ημέρα υψηλού όγκου προπόνησης είναι μεγαλύτερες από τις τρέχουσες συστάσεις για τους αθλητές που βασίζονται κυρίως στη μεθοδολογία του ισοζυγίου του αζώτου (1,6-1,8 έναντι 1,2-1,4g πρωτεΐνης ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα αντίστοιχα)



## Συστάσεις για τους Αθλητές Αντοχής

Οι παραπάνω ποσότητες δεν αντιπροσωπεύουν απαραίτητα τη βέλτιστη πρόσληψη πρωτεϊνών η οποία θα μπορούσε

- (1) να υποστηρίξει την ικανότητα του αθλητή για επιδιόρθωση και αντικατάσταση των πρωτεϊνών που έχουν υποστεί βλάβη (λόγω οξειδωτικού στρες ή μηχανικής βλάβης)
- (2) να «ανακατασκευάσει» προσαρμοστικά τις πρωτεΐνες των μυών, των οστών, των τενόντων και των συνδέσμων, ώστε να αντέχουν τα μηχανικά φορτία που ασκούν η αθλητική εκγύμναση και ο ανταγωνισμός
- (3) να διατηρήσει τη βέλτιστη λειτουργία όλων των μεταβολικών οδών στις οποίες λαμβάνουν μέρος τα αμινοξέα (ακόμη και ως πηγές ενέργειας)
- (4) να υποστηρίξει την αύξηση της άλιπης μάζας εφόσον είναι επιθυμητή
- (5) να υποστηρίξει τη βέλτιστη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος
- (6) να υποστηρίξει τον βέλτιστο ρυθμό παραγωγής όλων των πρωτεϊνών του πλάσματος που είναι απαραίτητες για τη βέλτιστη φυσιολογική λειτουργία

# Συστάσεις για τους Αθλητές Δύναμης

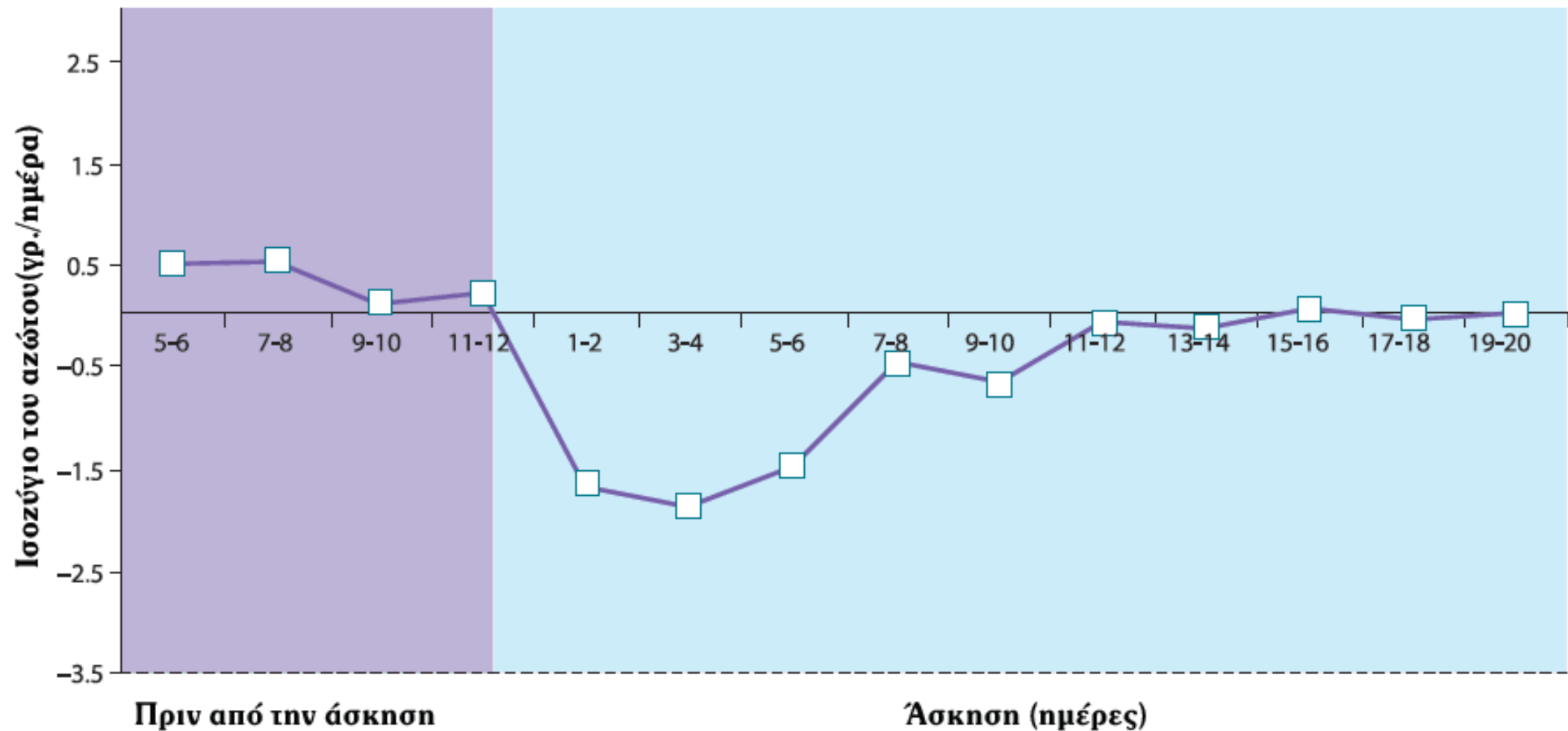
- Κατά την προπόνηση με αντιστάσεις ρυθμίζεται η σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών (Muscle Protein Synthesis-MPS) **για τουλάχιστον 24 ώρες σε απόκριση σε ένα μόνο πρόγραμμα άσκησης, με αυξημένη ευαισθησία στην πρόσληψη διαιτητικής πρωτεΐνης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου**
- Η σύσταση για την πρόσληψη πρωτεϊνών από τους αθλητές δύναμης είναι συχνά 1,6 έως 1,7 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα.

# Συστάσεις για τους Αθλητές Ομαδικών Αθλημάτων

Αθλήματα όπως το αμερικάνικο ποδόσφαιρο, το ράγκμπι και το ευρωπαϊκό ποδόσφαιρο μπορούν να θεωρηθούν σαν μία σειρά διαλειμματικών σπριντ που χωρίζονται από περιόδους λιγότερο έντονου τρεξίματος ή βάδισης και περιέχουν σημαντικό αριθμό συστολών επιμήκυνσης υψηλού φορτίου με έκκεντρη προτίμηση κατά την επιβράδυνση από το γρήγορο τρέξιμο και τα άλματα.

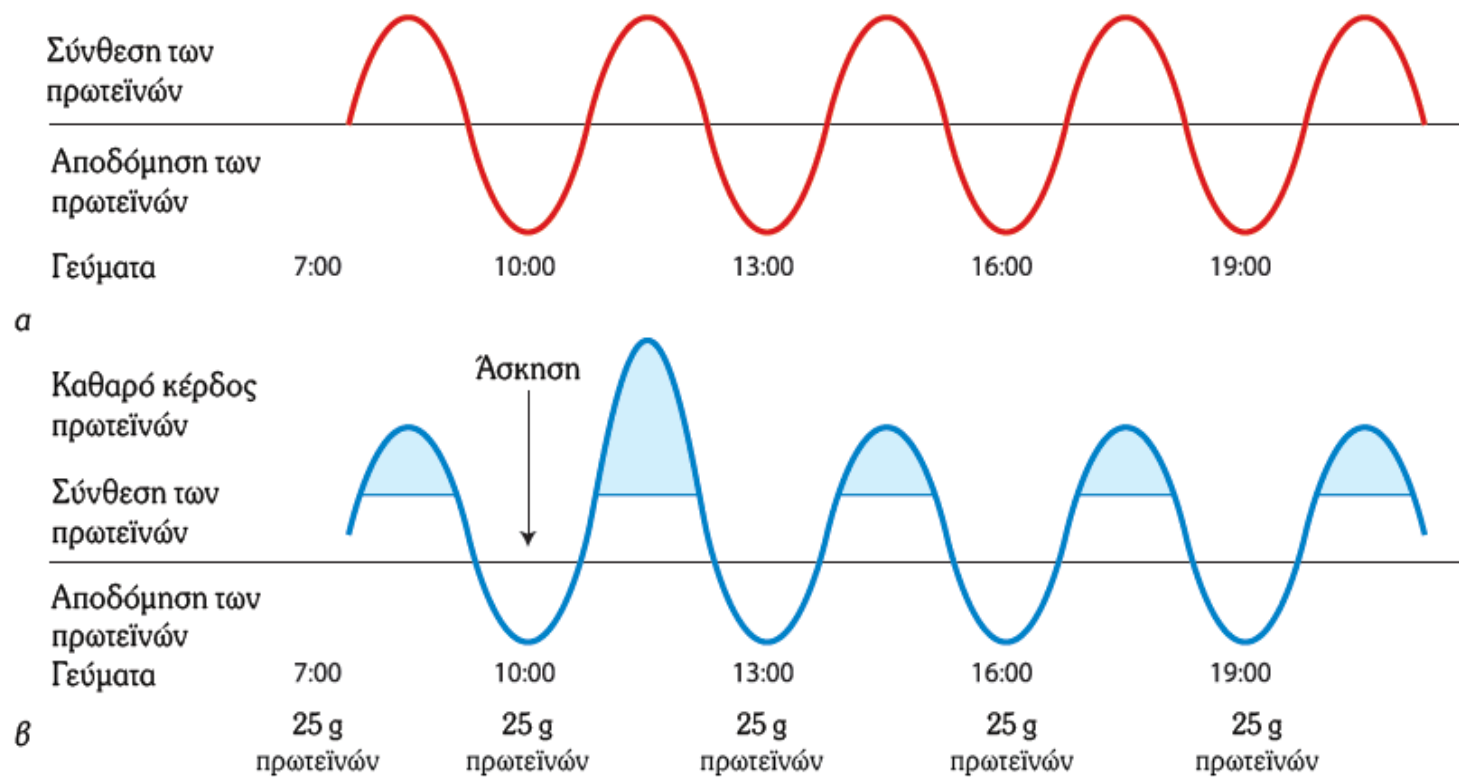
Συνιστάται πρόσθετη πρόσληψη πρωτεϊνών περίπου στα 1,2 έως 1,4 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα, με έμφαση στην κατανάλωση πρωτεϊνών με τη διατροφή κατά την άμεση περίοδο μετά την προπόνηση ή τον αγώνα.

# Ισοζύγιο του αζώτου ως απάντηση στην άσκηση



# Επίδραση της Πρόσληψης Πρωτεϊνών στην Πρωτεϊνοσύνθεση

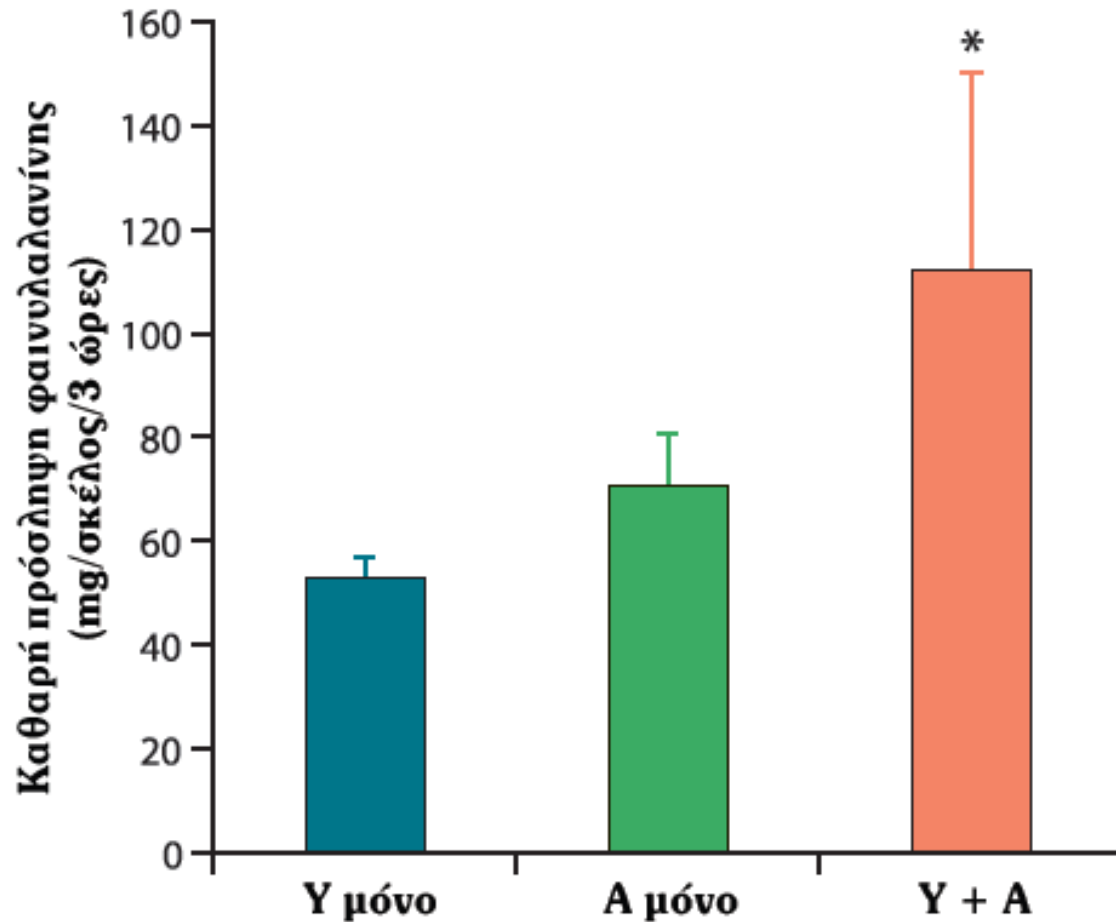
- Σύνθεση και αποδόμηση των πρωτεϊνών ως απάντηση στην άσκηση και στην τακτική πρόσληψη πρωτεϊνών καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Είναι πιθανό να αυξηθεί η καθαρή σύνθεση των πρωτεϊνών (μπλε)
- (α) σε ηρεμία με τακτικά γεύματα που περιέχουν 10-20 g πρωτεϊνών
- (β) με πρόσληψη 25 g πρωτεϊνών κάθε 3 ώρες, αλλά το ισχυρότερο ερέθισμα προκύπτει από έναν συνδυασμό άσκησης και πρόσληψης πρωτεϊνών



# Ταυτόχρονη Πρόσληψη Άλλων Θρεπτικών Ουσιών

Μία μεικτή διατροφή όχι μόνο παρέχει ενεργειακά υποστρώματα αλλά οδηγεί και σε ένα ευνοϊκό ορμονικό περιβάλλον για την πρωτεϊνοσύνθεση

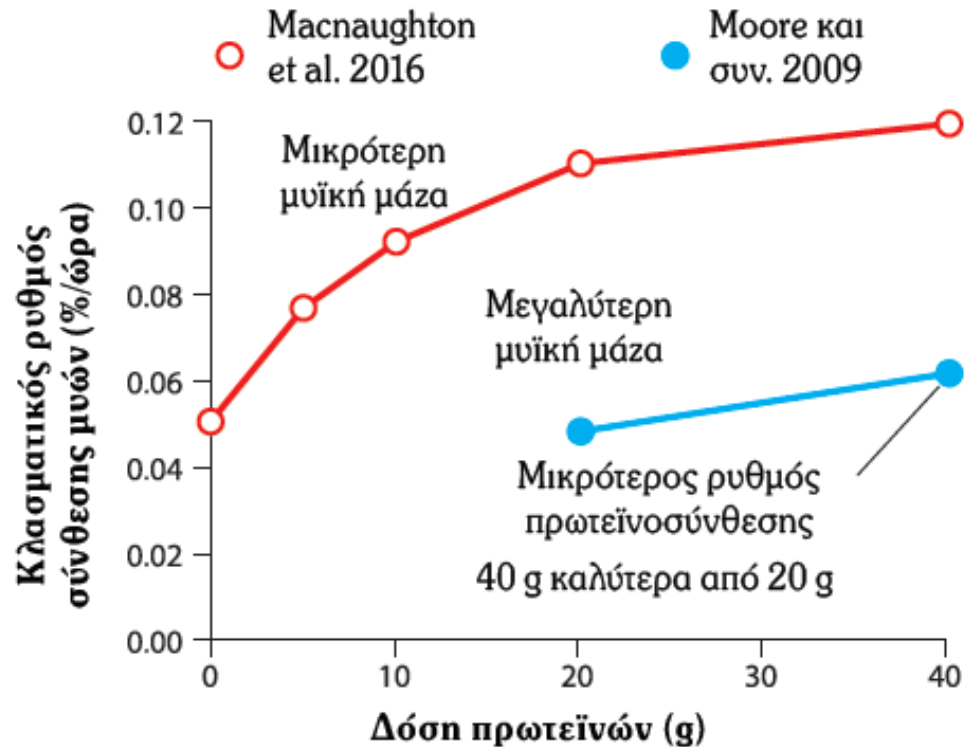
Η αυξημένη διαθεσιμότητα γλυκόζης και αμινοξέων οδηγεί επίσης σε αυξημένες συγκεντρώσεις ινσουλίνης πλάσματος, οι οποίες με τη σειρά τους είναι δυνατό να προκαλέσουν μείωση της αποδόμησης των πρωτεϊνών και μικρή αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης



Σύνθεση πρωτεϊνών σε διάστημα 3 ωρών μετά από μία προπόνηση με αντιστάσεις, όπως μετράται από την περιοχή κάτω από την καμπύλη για την καθαρή πρόσληψη φαινυλαλανίνης.

- Η πρωτεϊνοσύνθεση φαίνεται να είναι χαμηλότερη με τους υδατάνθρακες και ακολουθεί η μεμονωμένη πρόσληψη αμινοξέων.
- Ωστόσο, η συνδυασμένη δράση των υδατανθράκων και των αμινοξέων είναι σημαντικά μεγαλύτερη απ' ό,τι οι μεμονωμένες δράσεις τους.
- A = αμινοξέα· Y = υδατάνθρακες.

# Κλασματικός ρυθμός σύνθεσης των μυών σε δύο μελέτες



- Όταν χρησιμοποιήθηκε μικρότερη μυϊκή μάζα, ο κλασματικός ρυθμός σύνθεσης ήταν υψηλότερος αλλά σταθεροποιήθηκε μετά από την πρόσληψη περίπου 20 g πρωτεϊνών.
- Η άσκηση μεγαλύτερης μυϊκής μάζας είχε σαν αποτέλεσμα μικρότερες τιμές κλασματικού ρυθμού σύνθεσης, ωστόσο ο διπλασιασμός της πρόσληψης πρωτεϊνών προκάλεσε μέτρια περαιτέρω αύξηση του ρυθμού.

# Διαιτητική Πρόσληψη Πρωτεϊνών

- Οι στόχοι καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών θα πρέπει να ικανοποιούνται με ένα πλάνο γευμάτων που παρέχει **κατανομή σε όλα τα γεύματα** της ημέρας
- Οι συστάσεις αυτές καλύπτουν τα περισσότερα προπονητικά σχήματα και επιτρέπουν ευέλικτες προσαρμογές σε περιοδικές προπονήσεις (periodized training)
- Ως προς τους καθημερινούς στόχους πρόσληψης πρωτεϊνών οι αθλητές **δεν πρέπει πλέον** να κατηγοριοποιούνται μόνο ως αθλητές δύναμης ή αντοχής & να τους παρέχονται στατικοί στόχοι πρόσληψης PRO.

# Διαιτητική Πρόσληψη Πρωτεϊνών

## **Οι οδηγίες θα πρέπει να βασίζονται:**

- στη βέλτιστη προσαρμογή σε συγκεκριμένες περιόδους προπόνησης/ αγώνων εντός ενός περιοδικού προγράμματος,
- στους αθλητικούς στόχους, τις θρεπτικές ανάγκες, τις ενεργειακές ανάγκες, τις επιλογές τροφίμων.

## **Οι ΠΑ μπορεί να κυμαίνονται ανάλογα:**

- με την προπονητική κατάσταση (trained status): οι έμπειροι αθλητές έχουν χαμηλότερες ανάγκες)
- την προπόνηση (ένταση, συχνότητα)
- τη διαθεσιμότητα υδατανθράκων
- τη διαθεσιμότητα Ενέργειας



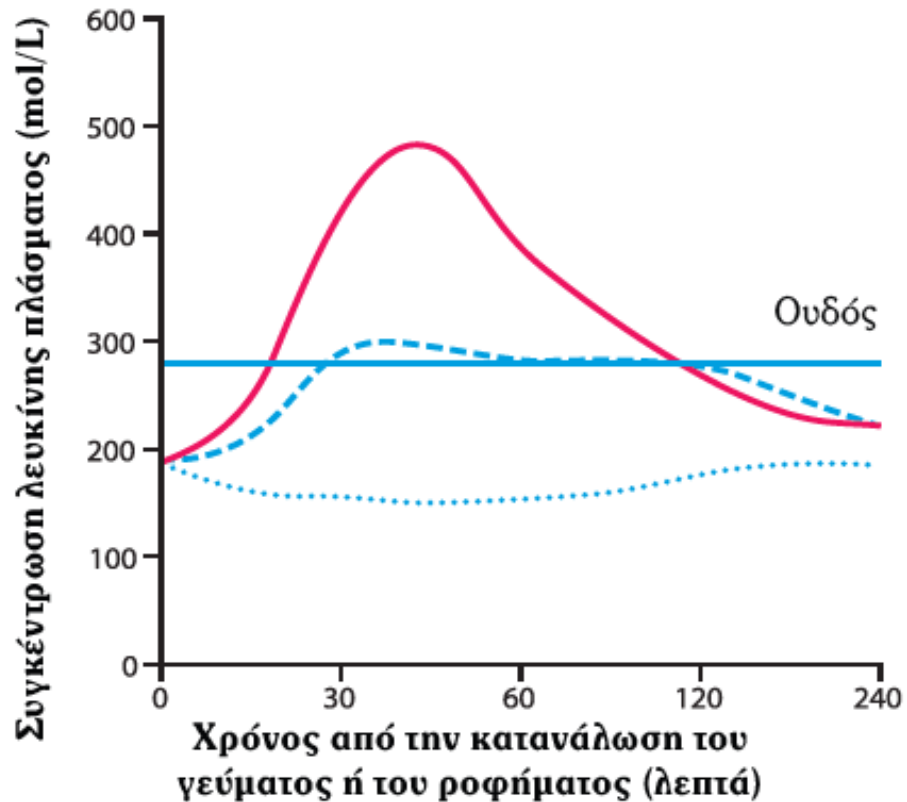
# Χρόνος πρωτεϊνικής πρόσληψης

- Παρατηρείται βέλτιστη μυϊκή πρωτεινοσύνθεση (Muscle Protein Synthesis) ως απάντηση στην άσκηση, με την κατανάλωση πρωτεΐνης **υψηλής βιολογικής αξίας, 0-2 ώρες μετά την άσκηση:**
- **0,25-0,3 g/kg** σωματικού βάρους ή **15-25 g πρωτεΐνης** (~ 10 g απαραίτητων αα) σε όλους τους αθλητές μέσου σωματικού μεγέθους.
- οι κατευθυντήριες οδηγίες μπορεί να χρειαστεί να ρυθμιστούν με ακρίβεια για τους αθλητές στα ακραία όρια του εύρους βάρους.

## **Υψηλότερες δόσεις (> 40 g διαιτητικής πρωτεΐνης):**

- δεν έχουν ακόμη αποδειχθεί ότι αυξάνουν περαιτέρω την MPS
- μπορεί να απαιτούνται για τους πιο σωματώδεις αθλητές
- μπορεί να απαιτούνται ή κατά τη διάρκεια απώλειας βάρους

## Χρόνος της Πρόσληψης των Πρωτεϊνών - Η θεωρία πυροδότησης από λευκίνη



- Η λευκίνη πυροδοτεί μία αύξηση της σύνθεσης των μυϊκών πρωτεϊνών
- Οι πρωτεΐνες που υφίστανται πιο γρήγορη πέψη (συνεχόμενη γραμμή) που περιέχουν σχετικά υψηλή αναλογία λευκίνης (π.χ. ορός γάλακτος) προάγουν πιο αποτελεσματικά την αύξηση της σύνθεσης των μυϊκών πρωτεϊνών
- Οι πρωτεΐνες που υφίστανται πιο αργή πέψη (διακεκομμένη γραμμή) ή έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε λευκίνη (π.χ. καζεΐνη) δεν αυξάνουν στον ίδιο βαθμό τη σύνθεση των πρωτεϊνών
- Η στικτή γραμμή αντιπροσωπεύει την κατανάλωση ενός γεύματος ή ενός ροφήματος που δεν περιέχει πρωτεΐνες

- Θετική επίδραση στην MPS η κατανάλωση πρωτεΐνης

24 ώρες μετά την άσκηση

- Η μέγιστη αύξηση δύναμης και μυϊκής μάζας φαίνεται να

εντοπίζεται όταν η κατανάλωση πρωτεΐνης γίνεται

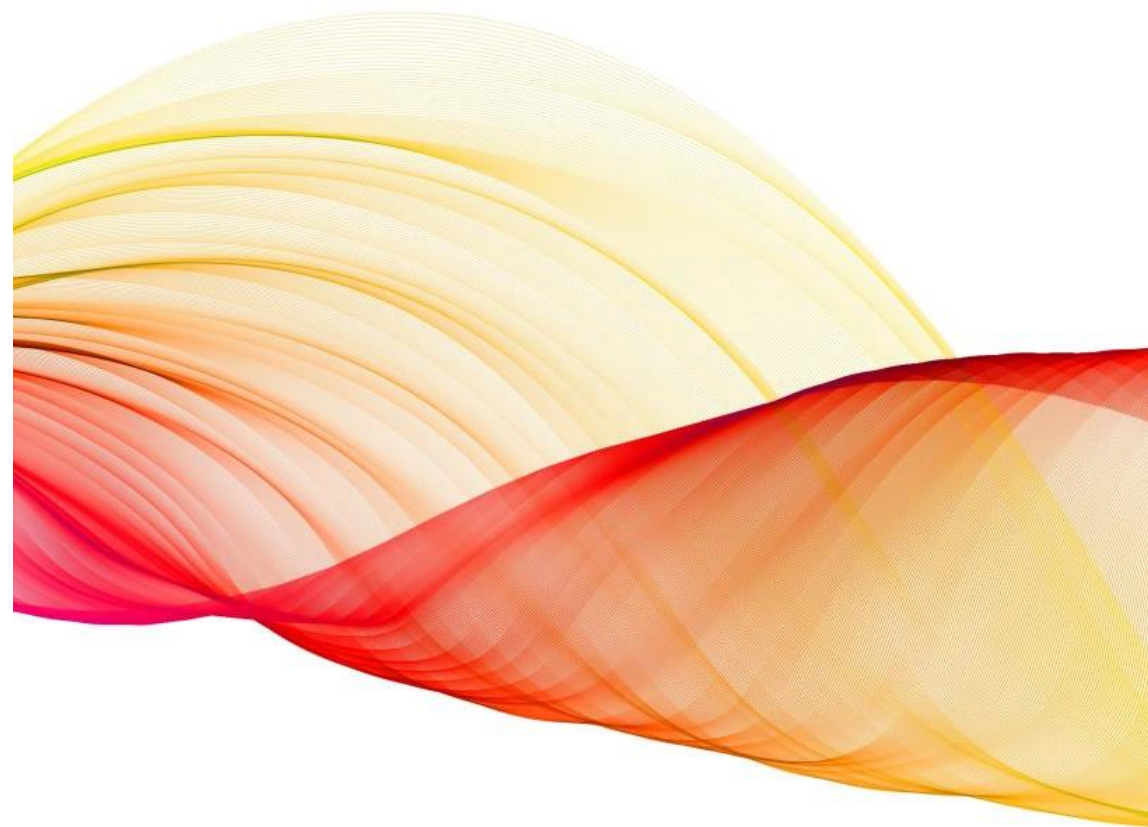
**αμέσως μετά την άσκηση**

Ενώ οι πρόσφατες οδηγίες πρόσληψης πρωτεϊνών εστιάστηκαν στη συνολική πρόσληψη πρωτεΐνης την ημέρα (g / kg), **οι νεότερες συστάσεις υπογραμμίζουν ότι η** προσαρμογή των μυών στην προπόνηση μπορεί να μεγιστοποιηθεί με την λήψη αυτών των στόχων:

- ως 0,3 g/kg σωματικού βάρους μετά από βασικές

συνεδρίες άσκησης

- Και κάθε 3-5 ώρες (σε πολλαπλά γεύματα)



## Περιεκτικότητα Διαφόρων Τροφών σε Λευκίνη

| Τροφή                   | Ποσότητα που απαιτείται για την παροχή 3 g λευκίνης | Περιεκτικότητα σε λευκίνη (g/419 kJ [100 kcal]) |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Πρωτεΐνες ορού γάλακτος | 25 g                                                | 2,90                                            |
| Πρωτεΐνη σόγιας         | 37 g                                                | 2,00                                            |
| Στραγγιστό γιαούρτι     | 300 g                                               | 1,75                                            |
| Στήθος κοτόπουλου       | 170 g                                               | 1,70                                            |
| Άπαχο βοδινό            | 170 g                                               | 1,30                                            |
| Τυρί                    | 105 g                                               | 1,09                                            |
| Αυγό                    | 4 μεγάλα αυγά                                       | 0,94                                            |
| Άπαχο γάλα              | 900 ml                                              | 0,93                                            |
| Φασόλια                 | 525 g                                               | 0,65                                            |
| Τόφου                   | 600 g                                               | 0,44                                            |
| Ωμά φιστίκια            | 180 g                                               | 0,29                                            |
| Ψωμί                    | 770 g (14 φέτες)                                    | 0,07                                            |

# Ισχυρισμοί των Κατασκευαστών για τα Αμινοξέα

| Αμινοξύ       | Ισχυρισμός                                                                                                                                                                                                              |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αργινίνη      | Βελτιώνει τη λειτουργία του ανοσοποιητικού, αυξάνει τα επίπεδα κρεατινίνης στους ιστούς, αυξάνει την απελευθέρωση ινσουλίνης και αυξητικής ορμόνης, οδηγεί σε λιγότερα γαστρεντερικά προβλήματα, βελτιώνει την απόδοση. |
| Ασπαρτικό οξύ | Βελτιώνει τον μεταβολισμό της ενέργειας στους μυς, μειώνει την ποσότητα των μεταβολιτών που προκαλούν κόπωση, βελτιώνει την απόδοση αντοχής.                                                                            |
| Γλουταμίνη    | Βελτιώνει τη λειτουργία του ανοσοποιητικού (λιγότερο συχνά κρυολογήματα), επιταχύνει την αποθεραπεία μετά την άσκηση, βελτιώνει την απόδοση, οδηγεί σε λιγότερα γαστρεντερικά προβλήματα.                               |
| Ορνιθίνη      | Αυξάνει την απελευθέρωση αυξητικής ορμόνης και ινσουλίνης, διεγείρει την πρωτεϊνοσύνθεση, μειώνει την αποδόμηση των πρωτεϊνών, βελτιώνει την απόδοση.                                                                   |

|            |                                                                                                                                                                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ΑΔΑ        | Παρέχουν ενέργεια στους μυς που ασκούνται, περιορίζουν την κόπωση, βελτιώνουν την αντοχή, μειώνουν την αποδόμηση των μυϊκών πρωτεϊνών.                                                                     |
| Τυροσίνη   | Αυξάνει τη συγκέντρωση των κατεχολαμινών στο αίμα, βελτιώνει την κινητοποίηση και τον μεταβολισμό των πηγών ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης.                                                        |
| Τρυπτοφάνη | Αυξάνει την απελευθέρωση αυξητικής ορμόνης, βελτιώνει τον ύπνο, μειώνει το αίσθημα του πόνου, βελτιώνει την απόδοση.                                                                                       |
| Ταυρίνη    | Καθυστερεί την κόπωση, βελτιώνει την απόδοση, διευκολύνει την ταχύτερη αποθεραπεία, οδηγεί σε λιγότερη μυϊκή βλάβη και πόνο, οδηγεί σε λιγότερα γαστρεντερικά προβλήματα, απομακρύνει τις ελεύθερες ρίζες. |
| Γλυκίνη    | Αυξάνει τη σύνθεση φωσφοκρεατίνης, βελτιώνει την απόδοση στο σπριντ, αυξάνει τη δύναμη.                                                                                                                    |

# Αμινοξέα Διακλαδισμένης Αλύσου

Τα τρία αμινοξέα διακλαδισμένης αλύσου (ΑΔΑ) λευκίνη, ισολευκίνη και βαλίνη δεν συντίθενται στο σώμα.

Παρ' όλα αυτά οξειδώνονται κατά την άσκηση και θα πρέπει επομένως να αναπληρώνονται με τη διατροφή.

## **Τα ΑΔΑ :**

- είναι πηγές ενέργειας κατά την άσκηση
- διαφυλάσσουν το γλυκογόνο
- Είναι δυνατό να περιορίσουν την καθαρή αποδόμηση των πρωτεϊνών στους μυς κατά τη διάρκεια της άσκησης
- Περιορίζουν τη μυϊκή βλάβη, τον μυϊκό πόνο, την κόπωση
- Ενισχύουν την απόδοση
- Βελτιώνουν την ανοσολογική λειτουργία (προλαμβάνουν την ανοσοκαταστολή)
- Η συμπληρωματική χορήγηση ΑΔΑ μπορεί να αυξήσει την πρωτεϊνοσύνθεση μετά την άσκηση

# Υπόθεση της Κεντρικής Κόπωσης

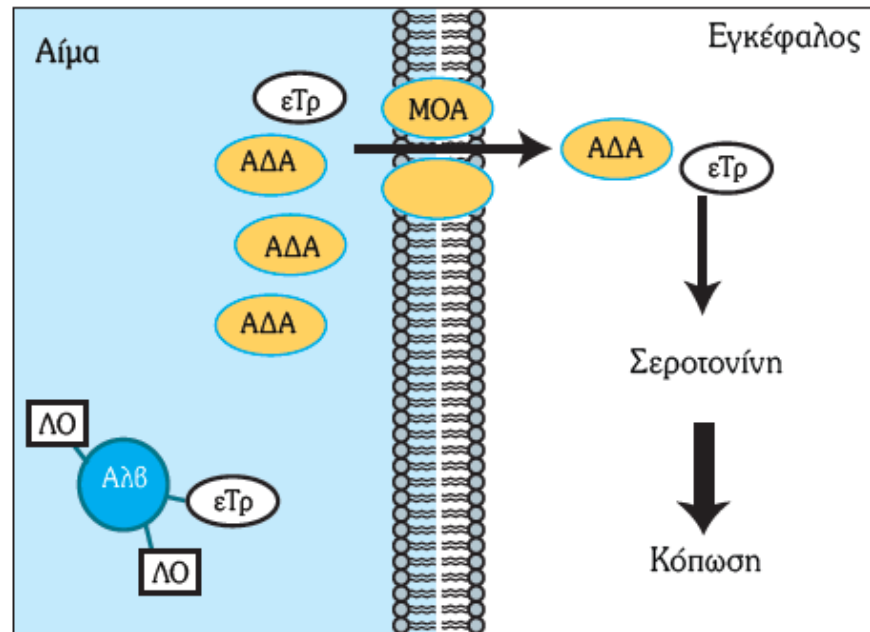
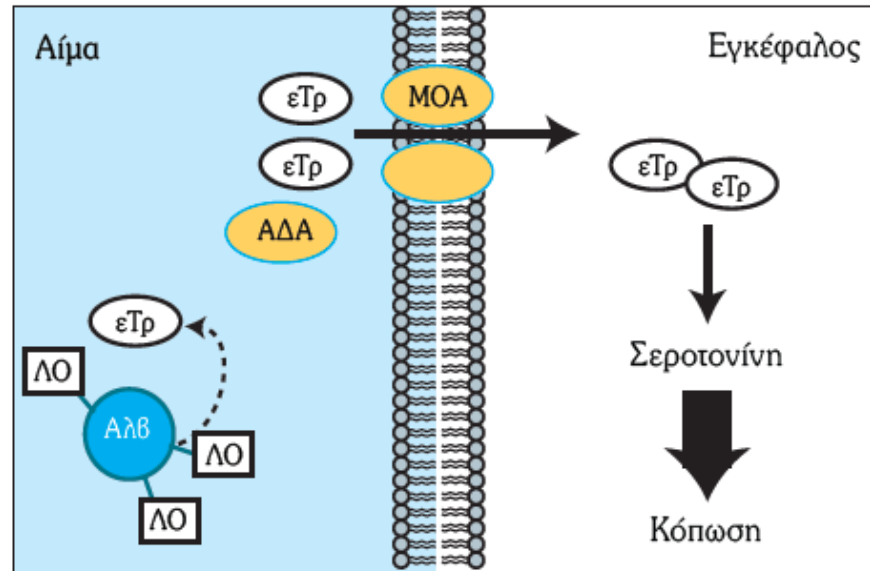
- Η υπόθεση της κεντρικής κόπωσης προτάθηκε το 1987 σαν μηχανισμός που συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη της κόπωσης κατά την παρατεταμένη άσκηση
- Η υπόθεση αυτή προβλέπει ότι κατά τη διάρκεια της άσκησης τα λιπαρά οξέα κινητοποιούνται από τον λιπώδη ιστό και μεταφέρονται με το αίμα στους μυς προκειμένου να χρησιμεύσουν ως πηγή ενέργειας.
- Επειδή ο ρυθμός της κινητοποίησης είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό της πρόσληψης από τους μυς, η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων (ΛΟ) στο αίμα αυξάνεται
- Τα λιπαρά οξέα και το αμινοξύ τρυπτοφάνη συνδέονται με την αλβουμίνη και ανταγωνίζονται μεταξύ τους για τις ίδιες θέσεις πρόσδεσης
- Η σύνδεση της τρυπτοφάνης με την αλβουμίνη παρεμποδίζεται από την αυξημένη συγκέντρωση των λιπαρών οξέων και ως εκ τούτου η συγκέντρωση της ελεύθερης τρυπτοφάνης (εΤρ) και ο λόγος ελεύθερης τρυπτοφάνης προς ΑΔΑ στο αίμα αυξάνονται.

# Μηχανισμός Υπόθεσης Κεντρικής Κόπωσης

---

- Προβλέπει ότι η αύξηση του λόγου ελεύθερης τρυπτοφάνης προς ΑΔΑ προκαλεί την αυξημένη μεταφορά της ελεύθερης τρυπτοφάνης κατά μήκος του αιματοεγκεφαλικού φραγμού, επειδή τα ΑΔΑ και η ελεύθερη τρυπτοφάνη ανταγωνίζονται για την είσοδο στο κεντρικό νευρικό σύστημα μέσω του μεταφορέα των μεγάλων ουδέτερων αμινοξέων (ΜΟΑ).
- Αφού προσληφθεί, η τρυπτοφάνη μετατρέπεται σε σεροτονίνη, οδηγώντας σε τοπική αύξηση του συγκεκριμένου νευροδιαβιβαστή
- Η σεροτονίνη παίζει ρόλο στην έναρξη του ύπνου και καθορίζει τη διάθεση και την επιθετικότητα. Επομένως, η αύξηση της σεροτονινεργικής δραστηριότητας θα μπορούσε να οδηγήσει σε κεντρική κόπωση και να αναγκάσει τους αθλητές να διακόψουν την άσκηση ή να μειώσουν την έντασή της

# Υπόθεση της Κεντρικής Κόπωσης



## ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΥΠΟ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

- Συμμετοχή σε τακτικές συνεδρίες άσκησης με αντιστάσεις μεγάλης έντασης.
- Άρση μεγαλύτερων φορτίων για περισσότερο χρόνο προκειμένου να διεγερθούν μεγαλύτερες βελτιώσεις στη μυϊκή δύναμη.
- Άρση μέχρι του σημείου αποτυχίας συστολής.
- Διατήρηση του ισοζυγίου ενέργειας.
- Χρήση της μετασκηπτικής περιόδου σαν ευκαιρία για ενυδάτωση, αναπλήρωση ενέργειας, επιδιόρθωση και ανακατασκευή.(4Rs)
- Κατανάλωση πρωτεϊνών κατά τη μετασκηπτική περίοδο σε επαρκή δόση (περίπου 0,4 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους) και μέχρι τριών άλλων γευμάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας συμπεριλαμβανομένης μίας μεγάλης δόσης πρωτεϊνών (περίπου 0,6 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους) πριν από τη νυκτερινή κατάκλιση για την επαύξηση της οξειάς σύνθεσης μυϊκών πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια της νύκτας και των χρόνιων προσαρμογών των σκελετικών μυών. Γίνεται Προσπάθεια να επιτευχθεί ημερήσια πρόσληψη πρωτεϊνών ίση με 1,4 έως 1,6 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα. Η κατανάλωση λιγότερων γευμάτων με περισσότερες πρωτεΐνες δεν αποτελεί καλύτερη εναλλακτική.
- Για το μετασκηπτικό γεύμα, επιλέγονται πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας που υφίστανται γρήγορη πέψη με μεγάλη περιεκτικότητα σε λευκίνη, όπως είναι ο ορός γάλακτος, το άπαχο γάλα και τα αυγά.
- Για τα υπόλοιπα γεύματα, επιλέγονται κυρίως άλιπες πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας που περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα σε περίπου ίσες αναλογίες (π.χ. ζωικές πηγές που περιλαμβάνουν βοδινό, χοιρινό, αρνί, πουλερικά, ψάρι· συμπλήρωμα με σόγια, φασόλια, τυρί, ξηρούς καρπούς και ψωμί).

# Βασικά σημεία 1

- Τα αμινοξέα ενσωματώνονται διαρκώς σε πρωτεΐνες (σύνθεση πρωτεϊνών) και οι πρωτεΐνες διασπώνται διαρκώς σε αμινοξέα (αποδόμηση πρωτεϊνών). Αυτή η εναλλαγή των πρωτεϊνών είναι αρκετές φορές μεγαλύτερη από τις πραγματικές διατροφικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες. Κάποια αμινοξέα είναι απαραίτητα και δεν συντίθενται στο σώμα, ενώ άλλα είναι μη απαραίτητα και είναι δυνατό να συντεθούν στο σώμα.
- Οι μύες περιέχουν το 40% των συνολικών πρωτεϊνών του ανθρώπινου σώματος και αντιστοιχούν στο 25% έως 35% της συνολικής εναλλαγής των πρωτεϊνών στο σώμα. Οι συσταλτές πρωτεΐνες ακτίνη και μυοσίνη είναι οι πιο άφθονες πρωτεΐνες στους μυς και μαζί αντιστοιχούν στο 80% έως 90% όλων των μυϊκών πρωτεϊνών.
- Η άσκηση έχει σημαντικές επιδράσεις στις πρωτεΐνες του σώματος. Τόσο οι δομικές πρωτεΐνες που σχηματίζουν τα μυϊκά ινίδια όσο και οι πρωτεΐνες που δρουν σαν ένζυμα μέσα σε ένα μυϊκό κύτταρο μεταβάλλονται στα πλαίσια της προσαρμογής στην άσκηση. Η μυϊκή μάζα, η σύσταση των μυϊκών πρωτεϊνών και το περιεχόμενο σε μυϊκές πρωτεΐνες μεταβάλλονται ως απάντηση στην άσκηση.
- Οι μέθοδοι μελέτης του μεταβολισμού των πρωτεϊνών περιλαμβάνουν την απέκκριση του αζώτου (ουρία και 3-μεθυλιστιδίνη), το ισοζύγιο του αζώτου, τις μελέτες αρτηριοφλεβικού ισοζυγίου και τις μεθόδους με ιχνηθέτες. Όλες οι διαθέσιμες μέθοδοι για τη μέτρηση της εναλλαγής των πρωτεϊνών στον άνθρωπο έχουν τους περιορισμούς τους και δεν έχει αναγνωριστεί κάποια ιδανική μέθοδος. Παρ' όλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους περιορισμούς, με τις τεχνικές αυτές μπορούμε να μάθουμε πολλά για τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών και τη θρέψη.

## Βασικά σημεία 2

- Τα αμινοξέα έχουν πολλές μεταβολικές λειτουργίες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση άλλων αμινοξέων, να ενσωματωθούν σε πρωτεΐνες ή άλλες ενώσεις (δηλ. λιπαρά οξέα και γλυκόζη) ή να οξειδωθούν στον κύκλο του Krebs.
- Τα αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσού (ΑΔΑ) είναι τα αφθονότερα αμινοξέα στους σκελετικούς μυς και συνολικά αντιστοιχούν στο 20% όλων των αμινοξέων των μυών. Η γλουταμίνη είναι το πιο άφθονο ελεύθερο αμινοξύ στους μυς και στο πλάσμα.
- Η οξείδωση των πρωτεϊνών (ή ακριβέστερα των αμινοξέων) εκτιμάται ότι συνεισφέρει μέχρι και στο 15% της κατανάλωσης ενέργειας σε συνθήκες ηρεμίας. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, αυτή η σχετική συνεισφορά πιθανώς μειώνεται, λόγω της αυξημένης σημασίας των υδατανθράκων και των λιπών ως πηγών ενέργειας. Κατά την παρατεταμένη άσκηση, όταν η διαθεσιμότητα των υδατανθράκων περιορίζεται η οξείδωση των αμινοξέων μπορεί να αυξηθεί κάπως, ωστόσο η συνεισφορά των πρωτεϊνών στην κατανάλωση ενέργειας φτάνει περίπου μέχρι το 10% της συνολικής κατανάλωσης.
- Κατά τις ώρες που ακολουθούν την άσκηση, η σύνθεση και η αποδόμηση των πρωτεϊνών αυξάνονται. Η σύνθεση των πρωτεϊνών αυξάνεται περισσότερο απ' ό,τι η αποδόμηση, αλλά υπερβαίνει την τελευταία μόνο μετά την κατανάλωση μίας πηγής αμινοξέων. Το ισοζύγιο ανάμεσα στη σύνθεση και στην αποδόμηση των μυϊκών πρωτεϊνών καθορίζει αν το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των ιστών θα παραμείνει σταθερό, θα αυξηθεί (υπερτροφία) ή θα μειωθεί (ατροφία).
- Η αύξηση των μυϊκών πρωτεϊνών ως απάντηση στην άσκηση με αντιστάσεις επηρεάζεται από το φορτίο της άσκησης και από την ποσότητα, τη χρονική στιγμή και τον τύπο των πρωτεϊνών που καταναλώνονται μέσα στο επόμενο διάστημα των 24 έως 48 ωρών. Η βέλτιστη προσαρμογή στην άσκηση παρατηρείται όταν τα γεύματα που περιέχουν 0,4 πρωτεϊνών ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους καταναλώνονται λίγο μετά από μία προπόνηση και σε τακτικά χρονικά διαστήματα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, φτάνοντας συνολικά περίπου τα 1,6 έως 1,7 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα. Μέσα στη συνολική αυτή ποσότητα θα πρέπει να υπάρχει μία δόση περίπου 0,6 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους πριν από τη νυκτερινή κατάκλιση, η οποία φαίνεται να επαυξάνει την οξεία σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια της νύκτας και τις χρόνιες προσαρμογές των σκελετικών μυών.

## Βασικά σημεία 3

- Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η σύνθεση των πρωτεϊνών, οι αθλητές θα πρέπει να καταναλώνουν πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας (20-25 g ή 0,4 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους) με 8-10 g απαραίτητων αμινοξέων και τουλάχιστον 3 g λευκίνης ανά τακτά χρονικά διαστήματα (3-4 ωρών).
- Οι πρωτεΐνες που διασπώνται και απορροφώνται γρήγορα από το έντερο και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λευκίνη αυξάνουν πιο αποτελεσματικά την πρωτεϊνοσύνθεση. Η προσθήκη υδατανθράκων στο γεύμα μετά την άσκηση θα αυξήσει τον ρυθμό της πρωτεϊνοσύνθεσης μόνο όταν η ποσότητα των προσλαμβανόμενων πρωτεϊνών είναι μικρότερη από την ιδανική ( $<0,4$  g πρωτεϊνών ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους).
- Η συνιστώμενη πρόσληψη πρωτεϊνών για τους αθλητές δύναμης είναι γενικά 1,6 έως 1,7 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα, ποσότητα που είναι περίπου διπλάσια από τη συνιστώμενη τιμή για τον γενικό πληθυσμό. Η συνιστώμενη πρόσληψη για τους αθλητές αντοχής είναι συνήθως 1,2 έως 1,8 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα, αν και σε ακραίες συνθήκες η ποσότητα αυτή μπορεί να αυξηθεί μέχρι και τα 2,5 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα.
- Οι περισσότεροι αθλητές καταναλώνουν άφθονες πρωτεΐνες προκειμένου να υποστηρίξουν τις προπονητικές τους ανάγκες ακόμη και αν ληφθούν υπόψη οι ανώτερες συνιστώμενες προσλήψεις. Με την αύξηση της πρόσληψης τροφής, αυξάνεται αυτόματα και η πρόσληψη των πρωτεϊνών, επειδή πολλές τροφές περιέχουν τουλάχιστον κάποια ποσότητα από αυτές. Η σχέση ανάμεσα στην πρόσληψη ενέργειας και στην πρόσληψη πρωτεϊνών είναι γραμμική.
- Στα υγιή άτομα χωρίς ενδείξεις νεφρικής νόσου, δεν υπάρχουν στοιχεία ότι η μέτρια αυξημένη πρόσληψη πρωτεϊνών μέχρι και 2 g ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους την ημέρα είναι επικίνδυνη. Στους περισσότερους αθλητές, ο μεγαλύτερος κίνδυνος από την αυξημένη πρόσληψη πρωτεϊνών είναι το γεγονός ότι συχνά συνοδεύεται από την περιορισμένη πρόσληψη υδατανθράκων.
- Η έγχυση μεγάλων ποσοτήτων αργινίνης μπορεί να έχει αναβολικές ιδιότητες στους ασθενείς, αλλά η από του στόματος πρόσληψη ανεκτών ποσοτήτων δεν προκαλεί αύξηση της έκκρισης αυξητικής ορμόνης και ινσουλίνης.
- Τα ΑΔΑ είναι από τα δημοφιλέστερα συμπληρώματα διατροφής. Ωστόσο, τα στοιχεία που υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς των κατασκευαστών δεν είναι πειστικά.

# Βιβλιογραφία

- ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ, Asker Jeukendrup, Michael Gleeson. (14-18, 233-273)
- Ralf Jäge et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. 2017 Jun 20:14:20. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8. eCollection 2017
- <https://www.acsm.org/docs/default-source/files-for-resource-library/protein-intake-for-optimal-muscle-maintenance.pdf>
- Paul M La Bounty et al. International Society of Sports Nutrition position stand: meal frequency. 2011 Mar 16:8:4. doi: 10.1186/1550-2783-8-4
- Chad M Kerksick et al ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. 2018 Aug 1;15(1):38. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y
- Stuart M Phillips Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. 2012 Aug:108 Suppl 2:S158-67. doi: 10.1017/S0007114512002516
- Wilfredo D Mansilla et al. Comparison of methodologies used to define the protein quality of human foods and support regulatory claims. 2020 Sep;45(9):917-926. doi: 10.1139/apnm-2019-0757. Epub 2020 Jul 24.