

Αθλητική Διατροφή Θεωρία

Dr Αναστάσιος Βαμβάκης

Κλινικός – Αθλητικός

Διαιτολόγος – Διατροφολόγος

Εκπαιδευτής Ανθρωπομετρίας ISAK

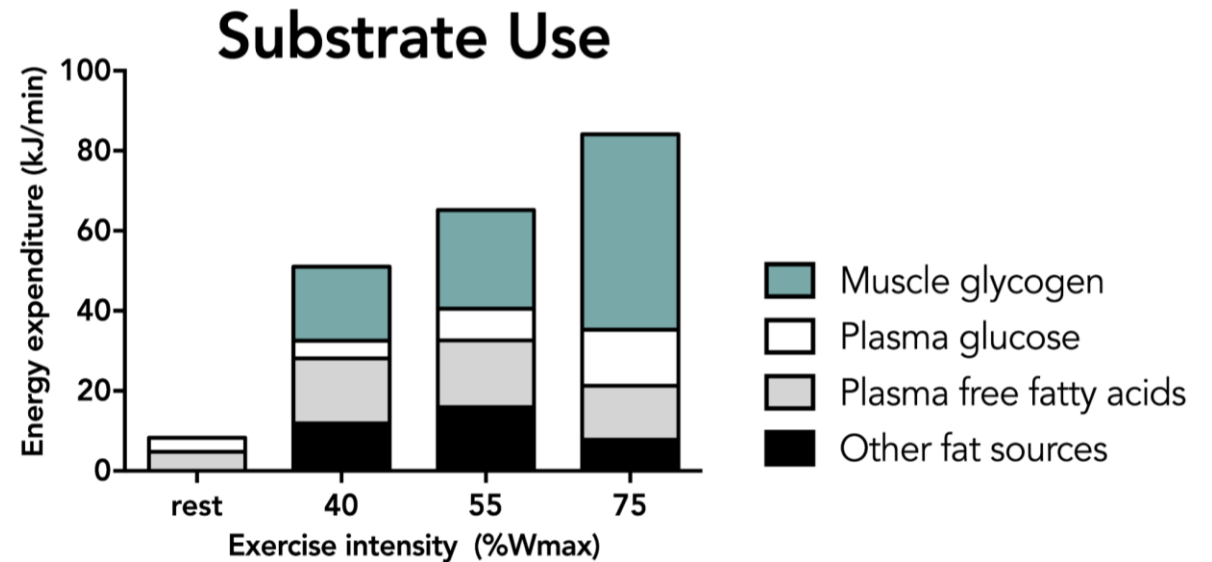


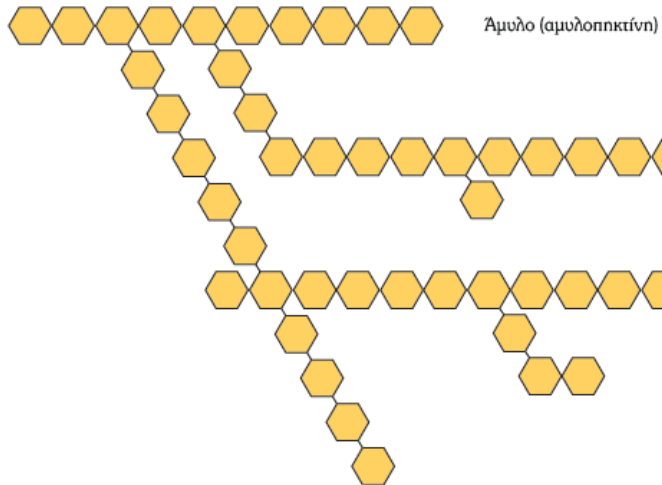
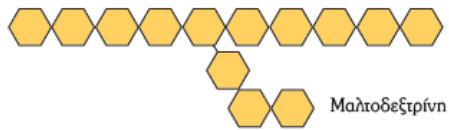
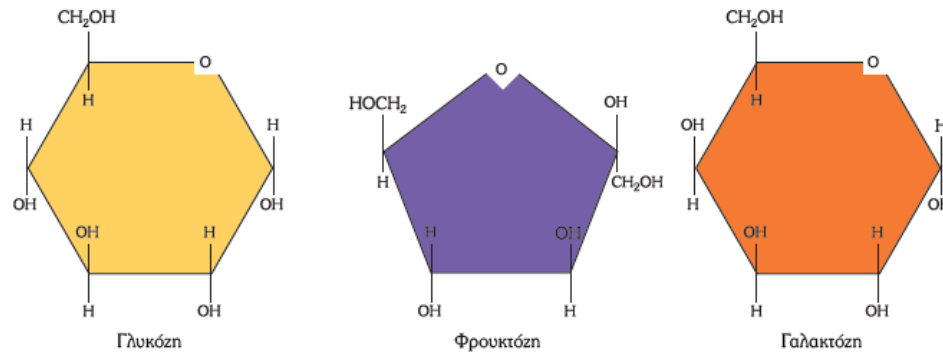
Υδατάνθρακες και Αθλητισμός



Υδατάνθρακες & Άσκηση

- Η σημασία των υδατανθράκων ως πηγής καυσίμου για την άσκηση και τις αθλητικές επιδόσεις είναι καλά τεκμηριωμένη.
- Είναι σημαντικό καύσιμο για την αναπλήρωση αποθηκών ενέργειας προ άσκησης, κατά τη διάρκεια της άσκησης και για την φάση της αποκατάστασης.
- Είναι ένα σημαντικό συστατικό της διατροφής του αθλητή.
- Παρά τις δεκαετίες έντονης έρευνας εξελίσσονται συνεχώς διατροφικές συστάσεις που να αντικατοπτρίζουν τη σύγχρονη γνώση και πρακτική.





- Οι υδατάνθρακες είναι μόρια που αποτελούνται από άνθρακα (carbo), υδρογόνο και νερό (hydrate)
- Ο γενικός τύπος ενός υδατάνθρακα είναι CH_2O
- Η μοριακή αναλογία άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου είναι 1:2:1 σε όλους τους υδατάνθρακες
- Πχ στην γλυκόζη έχουμε $n = 6$, συνεπώς, ένα μόριο γλυκόζης περιέχει 6 άτομα άνθρακα, 12 άτομα υδρογόνου και 6 άτομα οξυγόνου ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
- Η ανθρώπινη διατροφή απαιτεί τρεις μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη και γαλακτόζη) και τρεις δισακχαρίτες (μαλτόζη, σακχαρόζη και λακτόζη)
- Η πολυμερής γλυκόζη (**μαλτοδεξτρίνες**) και το άμυλο είναι σειρές συζευγμένων μορίων γλυκόζης

Υδατανθρακικό Ενεργειακό Υπόστρωμα Μυών

- Η γλυκόζη είναι ο μόνος υδατάνθρακας που μπορεί να οξειδωθεί στους μυς
- Η φρουκτόζη και η γαλακτόζη πρέπει να μετατραπούν σε γλυκόζη (ή γαλακτικό) προτού μπορούν να οξειδωθούν
- Η μετατροπή της φρουκτόζης και της γαλακτόζης σε γλυκόζη λαμβάνει χώρα στο ήπαρ σε σχετικά αργούς ρυθμούς.

Χημικές ομάδες υδατανθράκων

Υδατάνθρακας	Τρόφιμα πλούσια σε υδατάνθρακες
Μονοσακχαρίτες	Γλυκόζη ή δεξτρόζη (ζάχαρη σταφυλιών) Φρουκτόζη ή λεβουλόζη (ζάχαρη φρούτων) Γαλακτόζη
Δισακχαρίτες	Μαλτόζη (ζάχαρη βύνης) Σακχαρόζη (λευκή ζάχαρη, ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο, σακχαρόζη ή ζάχαρη τεύτλων) Λακτόζη (ζάχαρη γάλακτος) Τρεχαλόζη ή μυκόζη Ισομαλτουλόζη
Πολυσακχαρίτες	Μαλτοδεξτρίνη Άμυλο Φυτικό άμυλο Αμυλόζη Αμυλοπηκτίνη Ανθεκτικό άμυλο Γλυκογόνο
Φυτικές ίνες	Διατροφικές ίνες Λειτουργικές ίνες Ημικυτταρίνη Ανθεκτικό άμυλο (ορισμένες μορφές) Διατροφικές και λειτουργικές ίνες Κυτταρίνη β-γλυκάνες Κόμμεα Πηκτίνες

Τύποι υδατανθράκων και οι πηγές τροφίμων τους

- Οι πιο σημαντικοί υδατάνθρακες στη διατροφή μας είναι η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η σακχαρόζη, τα πολυμερή γλυκόζης (μαλτοδεξτρίνες) και το άμυλο (αμυλοπηκτίνη)
- Η γλυκόζη και πολυμερή γλυκόζης είναι συνήθως τα κύρια συστατικά των αθλητικών ποτών
- Οι υδατάνθρακες χωρίζονται συνήθως σε μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες πολυσακχαρίτες, και φυτικές ίνες

Υδατάνθρακας	Τρόφιμα πλούσια σε υδατάνθρακες
Σάκχαρα (απλοί υδατάνθρακες)	Χυμοί φρούτων, φρούτα, ζαχαρούχα δημητριακά και αρτοσκευάσματα, μαρμελάδα, καραμέλες, σοκολάτες, τα περισσότερα αθλητικά ποτά, τεύτλα και ζαχαροκάλαμο, καστανή ζάχαρη, σιρόπι σφενδάμου, μέλι
Άμυλα	Δημητριακά, πατάτες, ζυμαρικά, ρύζι, ψωμί
Φυτικές ίνες	Ολικής άλεσης δημητριακά και ψωμί, βρώμη, αποξηραμένα φασόλια και μπιζέλια, φρούτα και λαχανικά

Είδος φυτικής ίνας	Πηγές τροφίμων
Διαλυτές φυτικές ίνες	Όσπρια (μπιζέλια, σόγια και άλλα φασόλια) Βρώμη, σίκαλη, κριθάρι Ορισμένα φρούτα και χυμοί φρούτων (ιδίως χυμός δαμάσκηνου, δαμάσκηνα και μούρα) Λαχανικά όπως μπρόκολο και καρότα Λαχανικά με ρίζες, όπως πατάτες, γλυκοπατάτες, και τα κρεμμύδια (οι φλούδες αυτών των λαχανικών είναι πηγές αδιάλυτων φυτικών ινών) Φλοιός σπόρων ψυλλίου
Αδιάλυτες φυτικές ίνες	Τρόφιμα ολικής άλεσης Ξηροί καρποί και σπόροι Λαχανικά όπως φασολάκια, κουνουπίδι, κολοκυθάκια και σέλινο Φλούδες ορισμένων φρούτων, συμπεριλαμβανομένων των ντοματών

Φυτικές ίνες μέσω διατροφής και πηγές τροφίμων

Λειτουργίες Υδατανθράκων (Α)

Είναι το κυρίαρχο καύσιμο κατά την άσκηση υψηλής έντασης

Το μυϊκό γλυκογόνο και η γλυκόζη στο αίμα μπορούν να παρέχουν περισσότερες από 130 kJ/min (32 kcal/min) κατά τη διάρκεια άσκησης πολύ υψηλής έντασης

Οι υδατάνθρακες αποθηκεύονται σε σχετικά μικρές ποσότητες στους μυς και στο ήπαρ και μπορεί να εξαντληθούν πλήρως μετά από παρατεταμένη έντονη άσκηση

Η κατάποση υδατανθράκων αναπληρώνει γρήγορα τις αποθήκες υδατανθράκων και η περίσσεια πρόσληψη υδατανθράκων μετατρέπεται σε λίπος και αποθηκεύεται στον λιπώδη ιστό

Λειτουργίες Υδατανθράκων (B)

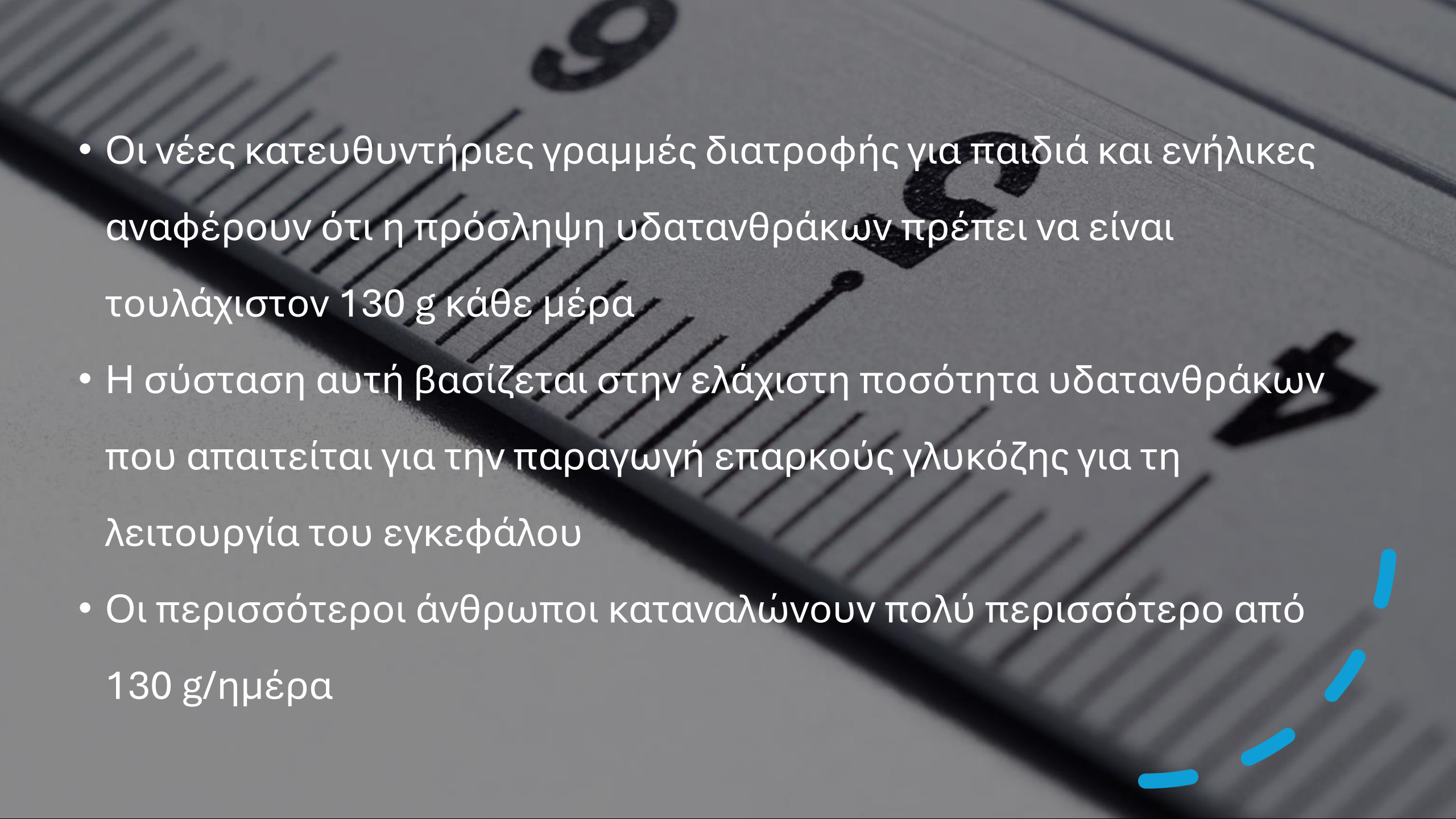
Σε φυσιολογικές συνθήκες, η γλυκόζη αίματος είναι το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιείται από τα κύτταρα του κεντρικού νευρικού συστήματος

Μετά από παρατεταμένη νηστεία (3 ημέρες), **κετονικά σώματα** παράγονται από το ήπαρ (από **λιπαρά οξέα**) και μπορούν να χρησιμεύσουν ως εναλλακτικό καύσιμο για το κεντρικό νευρικό σύστημα

Το κεντρικό νευρικό σύστημα λειτουργεί βέλτιστα όταν η συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα διατηρείται πάνω από 4 mmol/L (72 mg/dl)

Η φυσιολογική συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα είναι περίπου 5,5 mmol/L (99 mg/dl)

Σε συγκεντρώσεις κάτω από 3 mmol/L (54 mg/dl), μπορεί να εμφανιστούν συμπτώματα υπογλυκαιμίας, συμπεριλαμβανομένης της αδυναμίας, της πείνας, της ζάλης και του ρίγους

- 
- Οι νέες κατευθυντήριες γραμμές διατροφής για παιδιά και ενήλικες αναφέρουν ότι η πρόσληψη υδατανθράκων πρέπει να είναι τουλάχιστον 130 g κάθε μέρα
 - Η σύσταση αυτή βασίζεται στην ελάχιστη ποσότητα υδατανθράκων που απαιτείται για την παραγωγή επαρκούς γλυκόζης για τη λειτουργία του εγκεφάλου
 - Οι περισσότεροι άνθρωποι καταναλώνουν πολύ περισσότερο από 130 g/ημέρα

Λειτουργίες Φυτικών Ινών (Α)

Οι λειτουργίες των φυτικών ινών καθορίζονται από το αν η ίνα ταξινομείται ως διαλυτή ή αδιάλυτη.

Οι αδιάλυτες φυτικές ίνες έχουν επιδράσεις κυρίως στο παχύ έντερο, όπου προσθέτουν όγκο και βοηθούν στη συγκράτηση του νερού, με αποτέλεσμα τα κόπρανα να είναι πιο μαλακά και μεγαλύτερα.

Οι φυτικές ίνες μειώνουν τον χρόνο διέλευσης των κοπράνων μέσω του εντέρου.

Οι διαλυτές φυτικές ίνες μειώνουν τις συγκεντρώσεις χοληστερόλης στο αίμα και ομαλοποιούν την γλυκόζη του αίματος.

Λειτουργίες Φυτικών Ινών (B)

Επιπλέον, οι περισσότερες διαλυτές φυτικές ίνες είναι ιδιαίτερα ζυμώσιμες, και οι ζυμώσιμες ίνες βοηθούν στη διατήρηση υγιών πληθυσμών από φιλικά βακτήρια.

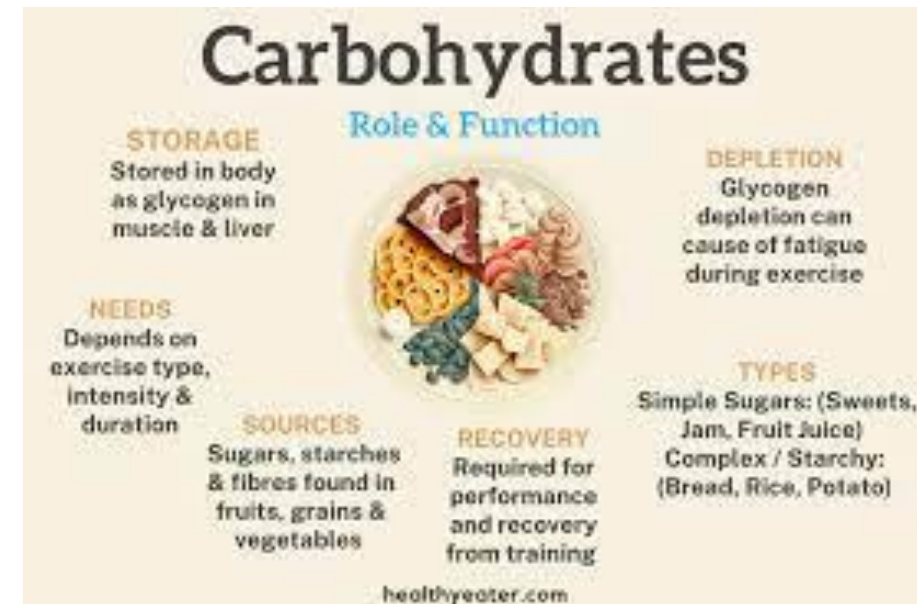
Εκτός από την παραγωγή των απαραίτητων λιπαρών οξέων μικρής αλυσίδας (βραχέας αλύσου), αυτά τα βακτήρια παίζουν σημαντικό ρόλο στο ανοσοποιητικό σύστημα αποτρέποντας τα παθογόνα (που προκαλούν ασθένειες) βακτήρια να επιβιώσουν στον εντερικό σωλήνα.

Οι φυτικές ίνες έχουν επίσης διάφορες επιδράσεις στην πέψη των θρεπτικών συστατικών και στην απορρόφηση. Μειώνουν τον ρυθμό της γαστρικής κένωσης και μπορούν να επηρεάσουν την απορρόφηση διαφόρων μικροθρεπτικών συστατικών.

Οι φυτικές ίνες αυξάνουν επίσης τον όγκο της τροφής, ο οποίος αυξάνει τον κορεσμό και μπορεί να μειώσει την πρόσληψη ενέργειας κατά 400 έως 600 kJ/ημέρα (96-143 kcal/ημέρα).

Ρόλος υδατανθράκων στην άσκηση

- Η διαθεσιμότητα των υδατανθράκων ως ενεργειακό υπόστρωμα για τη συστολή των σκελετικών μυών και του κεντρικού νευρικού συστήματος (π.χ. του εγκεφάλου), είναι σημαντική για την απόδοση στην άσκηση αντοχής.
- Η διαθεσιμότητα υδατανθράκων μπορεί να επηρεάσει, όχι μόνο την απόδοση στην παρατεταμένη άσκηση, αλλά και την απόδοση στη διαλειμματική άσκηση και την υψηλής έντασης άσκηση.
- Επειδή οι υδατάνθρακες είναι το σημαντικότερο καύσιμο για το κεντρικό νευρικό σύστημα, διάφορες γνωστικές δοκιμασίες και κινητικές δεξιότητες που παίζουν καθοριστικό ρόλο στα αθλήματα δεξιοτεχνίας, μπορεί επίσης να επηρεάζονται από τη διαθεσιμότητα υδατανθράκων.



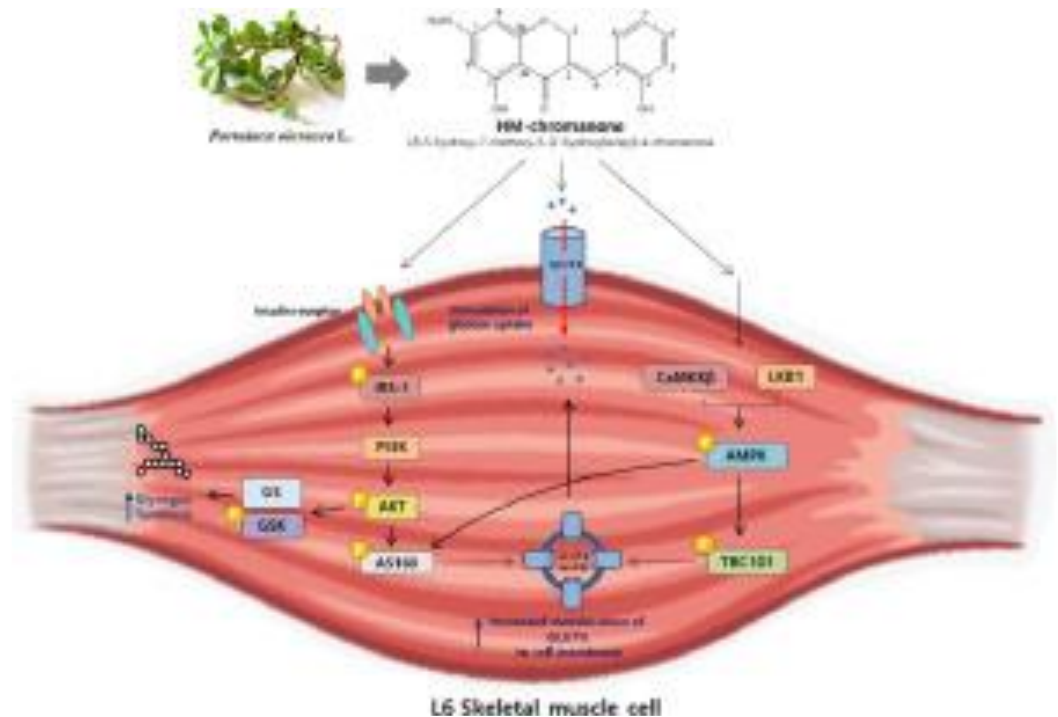
Ιστορική Αναδρομή

- Οι Krogh και Lindhard (1920) ήταν ίσως οι πρώτοι ερευνητές που αναγνώρισαν τη σημασία των υδατανθράκων ως καυσίμου κατά τη διάρκεια της άσκησης
- Στη μελέτη τους, οι συμμετέχοντες κατανάλωναν μια δίαιτα πλούσια σε λίπος (μπέικον, βούτυρο, κρέμα γάλακτος, αυγά και λάχανο) για 3 ημέρες, και στη συνέχεια κατανάλωναν μια δίαιτα πλούσια σε υδατάνθρακες (πατάτες, αλεύρι, ψωμί, κέικ, μαρμελάδα και ζάχαρη) για 3 ημέρες
- Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν μια δοκιμασία άσκησης 2 ωρών και ανέφεραν διάφορα συμπτώματα κόπωσης όταν κατανάλωναν τη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος
- Όταν κατανάλωναν τη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, αναφέρθηκε πως η άσκηση ήταν εύκολη



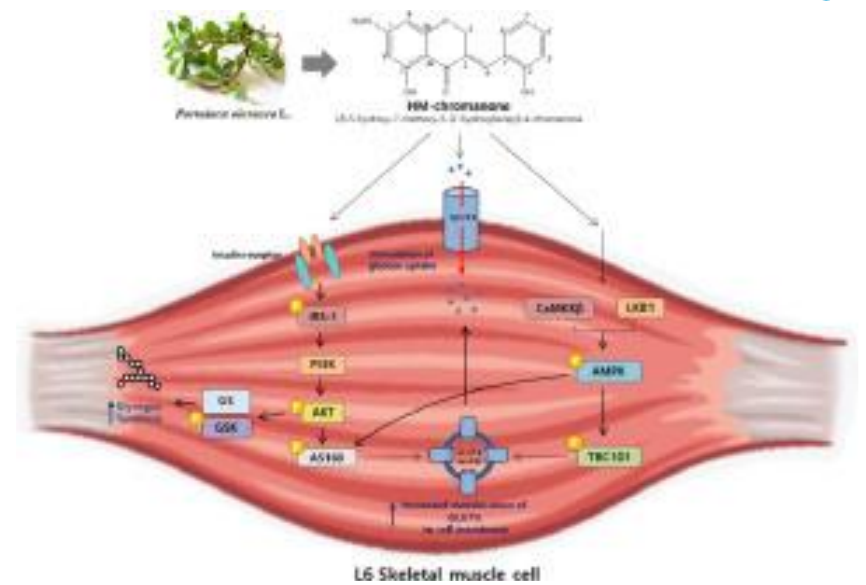
Το μυϊκό γλυκογόνο (Α)

- Είναι μια άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας για τον ενεργό μυ.
- Η περιεκτικότητα σε γλυκογόνο των σκελετικών μυών σε κατάσταση ηρεμίας είναι περίπου 65-90 mmol γλυκοζυλικών μονάδων/kg w.w., η οποία αντιστοιχεί σε 300 έως 400 g υδατανθράκων
- Σε ακραίες περιπτώσεις, σε αθλητές με μεγάλη μυϊκή μάζα αυτό μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 900 g

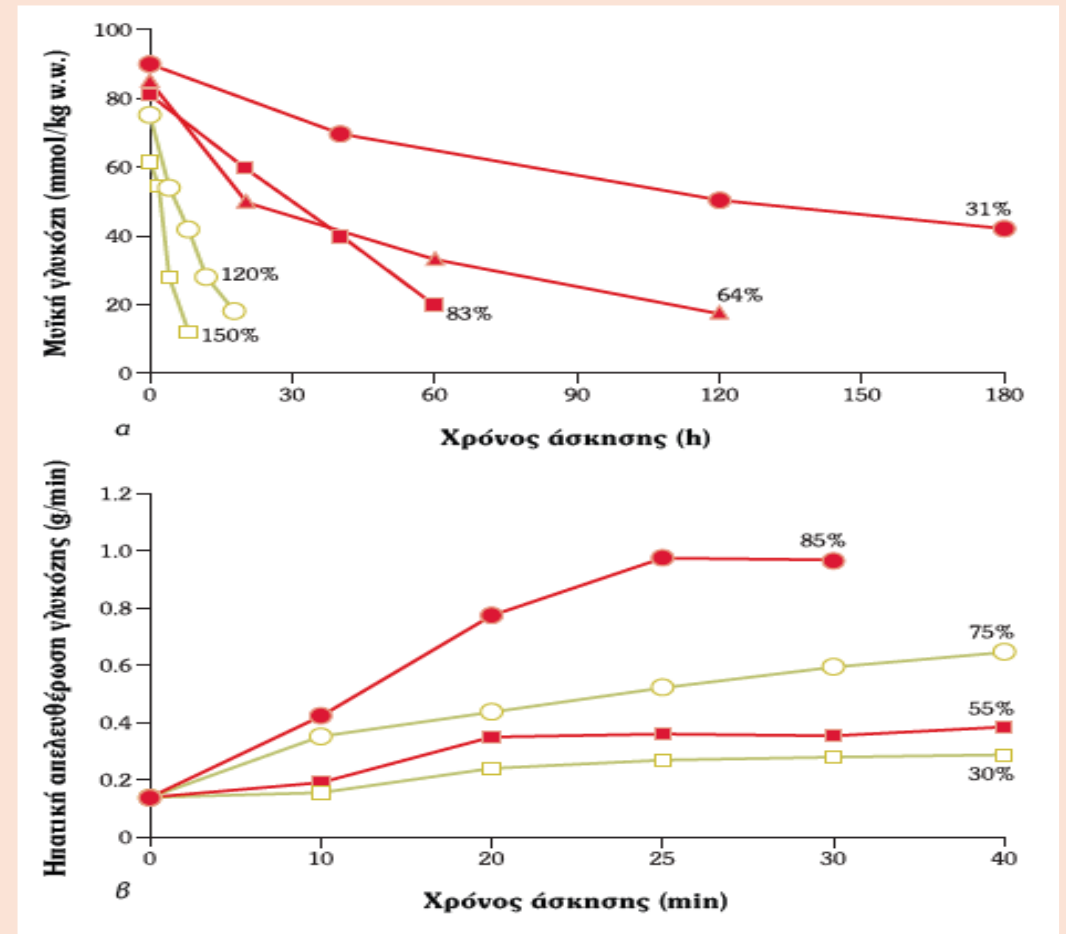


Το μυϊκό γλυκογόνο (B)

- Ο ρυθμός με τον οποίο οξειδώνεται εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση της άσκησης.
- Σε χαμηλή έως μέτριας έντασης άσκηση, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας μπορεί να ληφθεί από την οξειδωτική φωσφορυλίωση του ακετυλο-CoA που προέρχεται τόσο από υδατάνθρακες όσο και από λίπος.
- Καθώς η ένταση της άσκησης αυξάνεται σε υψηλά επίπεδα, η οξείδωση των υδατανθράκων και του λίπους δεν μπορεί από μόνη της να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις.
- Το μυϊκό γλυκογόνο γίνεται το πιο σημαντικό υπόστρωμα, επειδή η αναερόβια παροχή ενέργειας (ανασύνθεση ATP από γλυκόλυση) προέρχεται κυρίως από τη διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου



Οι επιδράσεις της έντασης της άσκησης
(παρουσιάζονται ως ποσοστό της O_{2max})
(α) στη διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου και
(β) στην ηπατική απελευθέρωση γλυκόζης.



Το γλυκογόνο, η αποθηκευτική μορφή των υδατανθράκων, βρίσκεται κυρίως στους μυς και το ήπαρ

Ηπατικό Γλυκογόνο

- Ο κύριος ρόλος του ηπατικού γλυκογόνου είναι η διατήρηση ενός σταθερού επιπέδου γλυκόζης στο αίμα.
- Η γλυκόζη είναι το κύριο (και υπό κανονικές συνθήκες, το μοναδικό) καύσιμο που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλος
- Το ήπαρ αναφέρεται συχνά ως ρυθμιστής της γλυκόζης ή το όργανο που είναι υπεύθυνο για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης της γλυκόζης στο αίμα.
- Ένα μέσο ήπαρ ζυγίζει περίπου 1,5 kg και περίπου 80 έως 110 g γλυκογόνου βρίσκονται αποθηκευμένα στο ήπαρ ενός ενήλικα ανθρώπου στη μεταπορροφητική φάση
- Το γλυκογόνο διασπάται στο ήπαρ σε γλυκόζη και στη συνέχεια απελευθερώνεται στο κυκλοφορικό σύστημα
- Οι νεφροί αποθηκεύουν επίσης γλυκογόνο και απελευθερώνουν γλυκόζη στο αίμα, αλλά από ποσοτική άποψη, οι νεφροί είναι πολύ λιγότερο σημαντικοί από το ήπαρ

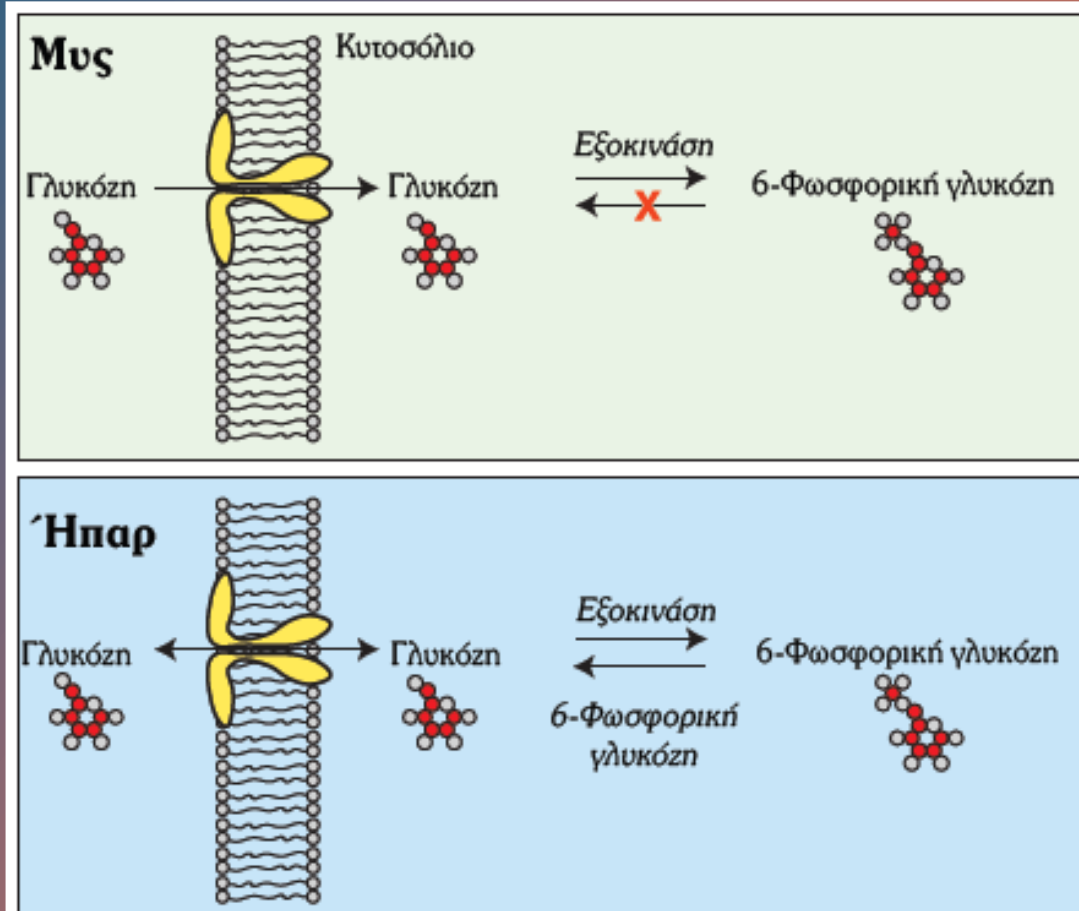


Το γλυκογόνο που διασπάται στους μυς δεν απελευθερώνεται ως γλυκόζη στην κυκλοφορία, επειδή στους μυς λείπει το ένζυμο G6P (το ένζυμο που αφαιρεί τη φωσφορική ομάδα από το G6P).

Αφού η γλυκόζη φωσφορυλιωθεί στο μυϊκό κύτταρο από το ένζυμο εξακινάση (το ένζυμο που συνδέει μια φωσφορική ομάδα με τη γλυκόζη), δεν μπορεί να αποφωσφορυλιωθεί.

Επειδή το μόριο της φωσφορυλιωμένης γλυκόζης δεν μπορεί να μεταφερθεί έξω από το κύτταρο, η G6P παγιδεύεται εντός του μυϊκού κυττάρου. Συνεπώς, η γλυκόζη αποθηκεύεται ή οξειδώνεται εντός του μυός.

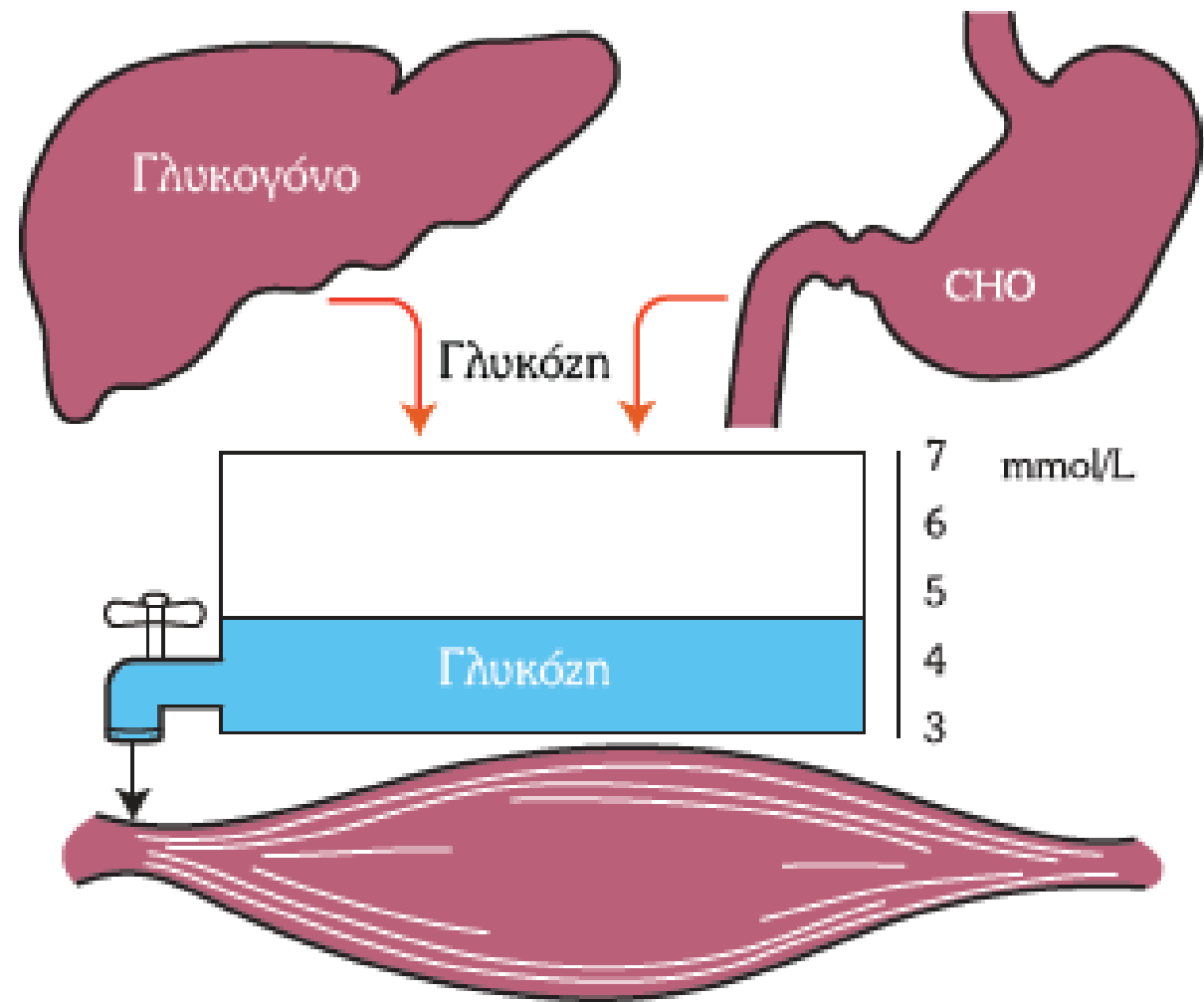
Μετακίνηση γλυκόζης στο ήπαρ και στου μύες



- Η γλυκόζη εισέρχεται στο κυτοσόλιο του κυττάρου με διευκολυνόμενη μεταφορά
- Στο κύτταρο η γλυκόζη φωσφορυλιώνεται από την εξακινάση και, αφού φωσφορυλιωθεί, δεν μπορεί να φύγει αυτό
- Εξαίρεση αποτελούν τα κύτταρα του ήπατος και των νεφρών
- Τα κύτταρα του ήπατος και των νεφρών διαθέτουν ένα ένζυμο που ονομάζεται γλυκόζη-6-φωσφατάση, το οποίο αντιστρέφει την αντίδραση της γλυκοκινάσης

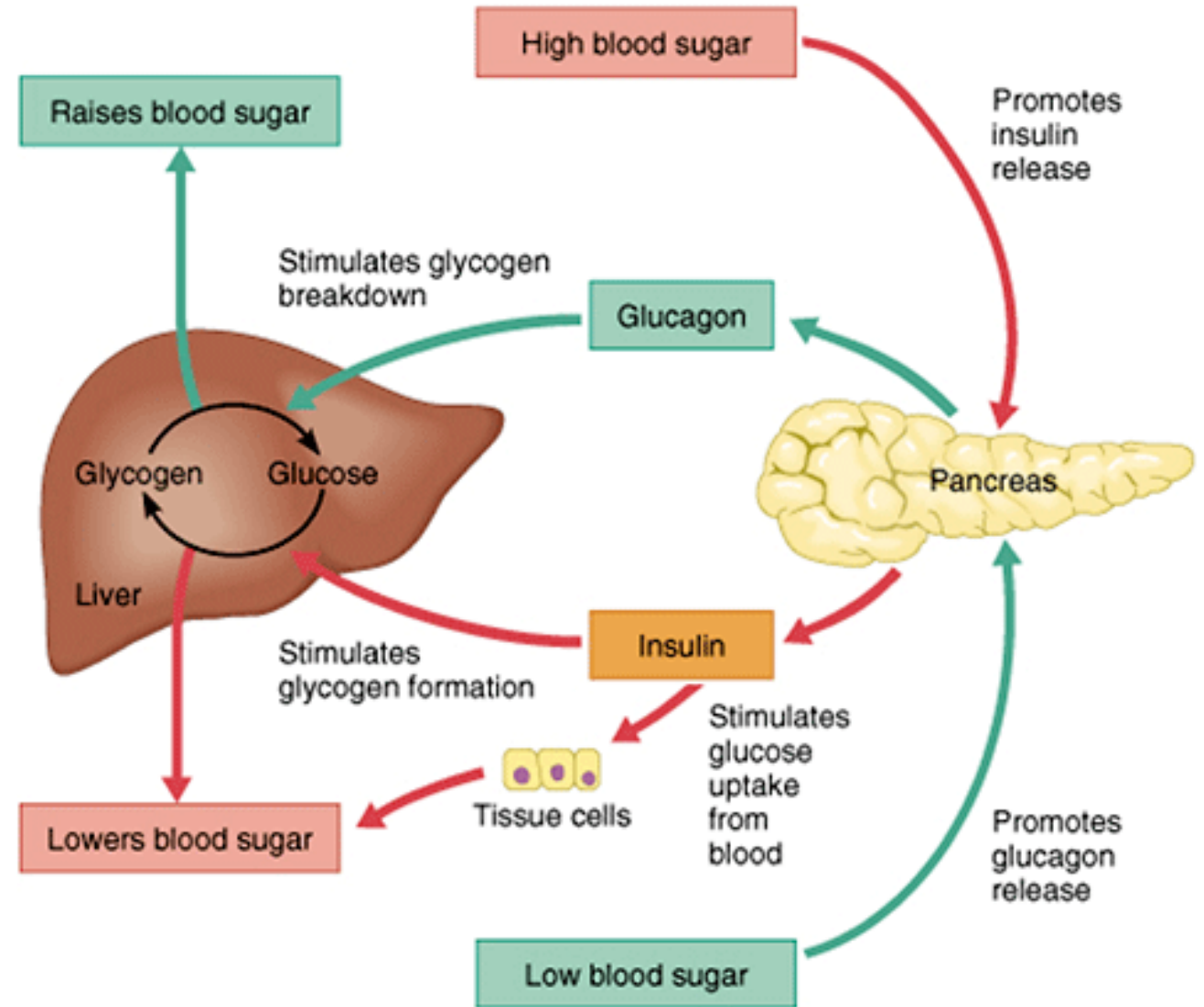
Παροχή γλυκόζης στον μυ

- Η κυκλοφορία του αίματος μπορεί να θεωρηθεί ως δεξαμενή στην οποία ελέγχεται με ακρίβεια η συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα
- Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η πρόσληψη γλυκόζης από τους μυς αυξάνεται δραματικά
- Για να αποτραπεί η πτώση της συγκέντρωσης γλυκόζης στο αίμα, το ήπαρ πρέπει να παράγει γλυκόζη σε εξίσου υψηλό ρυθμό



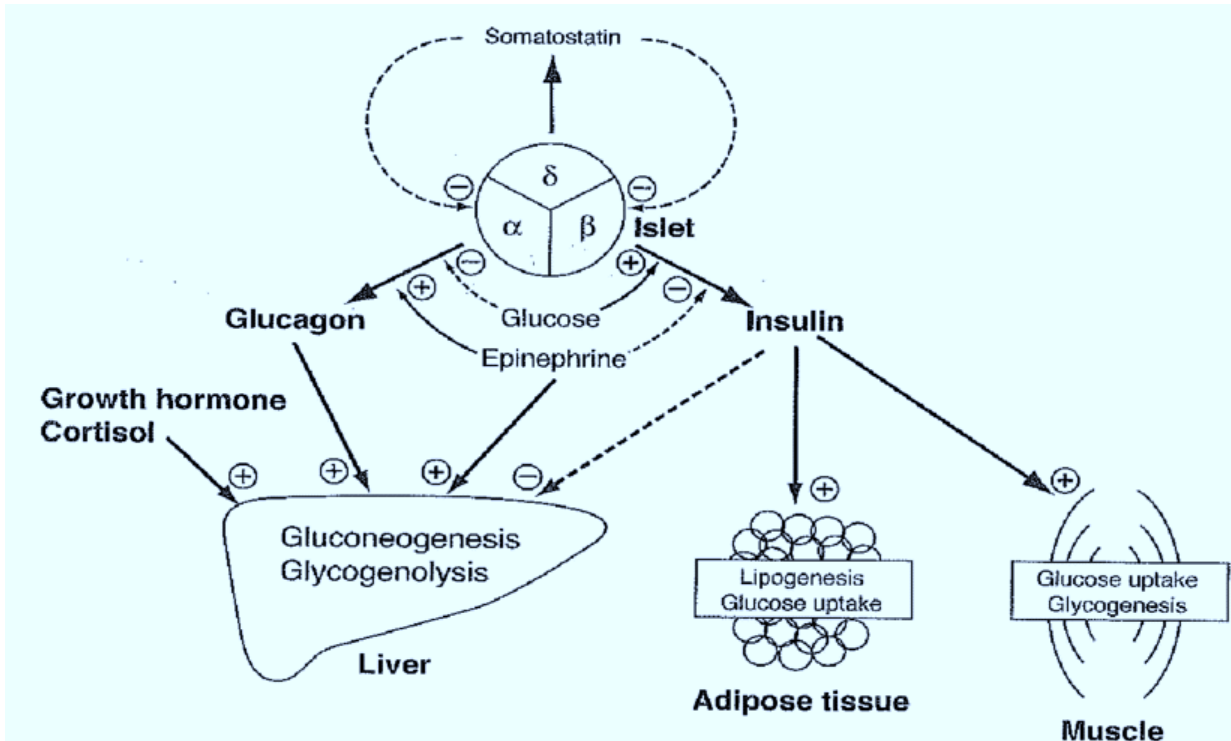
Ομοιόσταση της Γλυκόζης

- Οι ορμόνες παίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτήν τη ρύθμιση
- Σε συνθήκες ηρεμίας, η **ινσουλίνη** αποτελεί την πιο σημαντική ρυθμιστική ορμόνη της γλυκόζης
- Αυξάνει την πρόσληψη γλυκόζης από διάφορους ιστούς



- Η δραστηριότητα της συνθάσης του γλυκογόνου αυξάνεται ενώ της φωσφορυλάσης του γλυκογόνου (το ένζυμο που είναι υπεύθυνο για τη διάσπαση του γλυκογόνου) μειώνεται
- Η γλυκαγόνη είναι η πιο σημαντική αντιρροπιστική ορμόνη
- Η έκκριση της γλυκαγόνης προκαλεί τη διάσπαση του ηπατικού γλυκογόνου και την απελευθέρωση γλυκόζης στην κυκλοφορία
- Αρκετές άλλες ορμόνες μπορεί να έχουν ρόλο στη ρύθμιση των συγκεντρώσεων γλυκόζης στο αίμα, συμπεριλαμβανομένης της αυξητικής ορμόνης, της κορτιζόλης, της σωματοστατίνης και των κατεχολαμινών

Ορμονική ρύθμιση Ομοιόστασης της Γλυκόζης



Ορμονική ρύθμιση Ομοιόστασης της Γλυκόζης

- Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η απελευθέρωση κατεχολαμινών μειώνει την έκκριση ινσουλίνης από το πάγκρεας και οι συγκεντρώσεις ινσουλίνης στο πλάσμα μπορεί να μειωθούν σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα.
- Η απορρόφηση γλυκόζης από τους μυς ενισχύεται από τη μεταφορά γλυκόζης που διεγείρεται από τη συστολή.
- Παρά τη δραματικά αυξημένη πρόσληψη γλυκόζης από τους μυς κατά τη διάρκεια της άσκησης, τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα διατηρούνται σε καλό επίπεδο στις περισσότερες συνθήκες.

Hormones Involved in Regulation of blood glucose

• **DECREASE** Blood
Glucose

- Insulin
- Somatostatin



• **INCREASE** Blood
Glucose

- Glucagon
- Epinephrine
- Cortisol
- ACTH
- Growth Hormone
- Thyroxine





Χρήση και Αναπλήρωση Υδατανθράκων Κατά τη Διάρκεια Περιόδων Έντονης Προπόνησης

Ειδικά χαρακτηριστικά του ρόλου των CHO στην απόδοση και την προσαρμογή στην προπόνηση

Μικρές αποθήκες CHO στο σώμα: το μέγεθος των αποθεμάτων υδατανθράκων του σώματος είναι σχετικά περιορισμένο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλήρως εντός μιας ημέρας, ανάλογα με τη διατροφική πρόσληψη ή ακόμα και με μία προπόνηση

Καύσιμο Εγκεφάλου & ΚΝΣ αλλά και ευέλικτο υπόστρωμα για μυϊκή εργασία όπου μπορεί να υποστηρίξει την άσκηση σε ένα μεγάλο εύρος εντάσεων λόγω της χρήσης του τόσο από αναερόβιες όσο και από οξειδωτικές οδούς (μεγαλύτερη απόδοση ATP σε σχέση με τα λίπη)

Χαρακτηριστικά του ρόλου των CHO στην απόδοση και την προσαρμογή στην προπόνηση

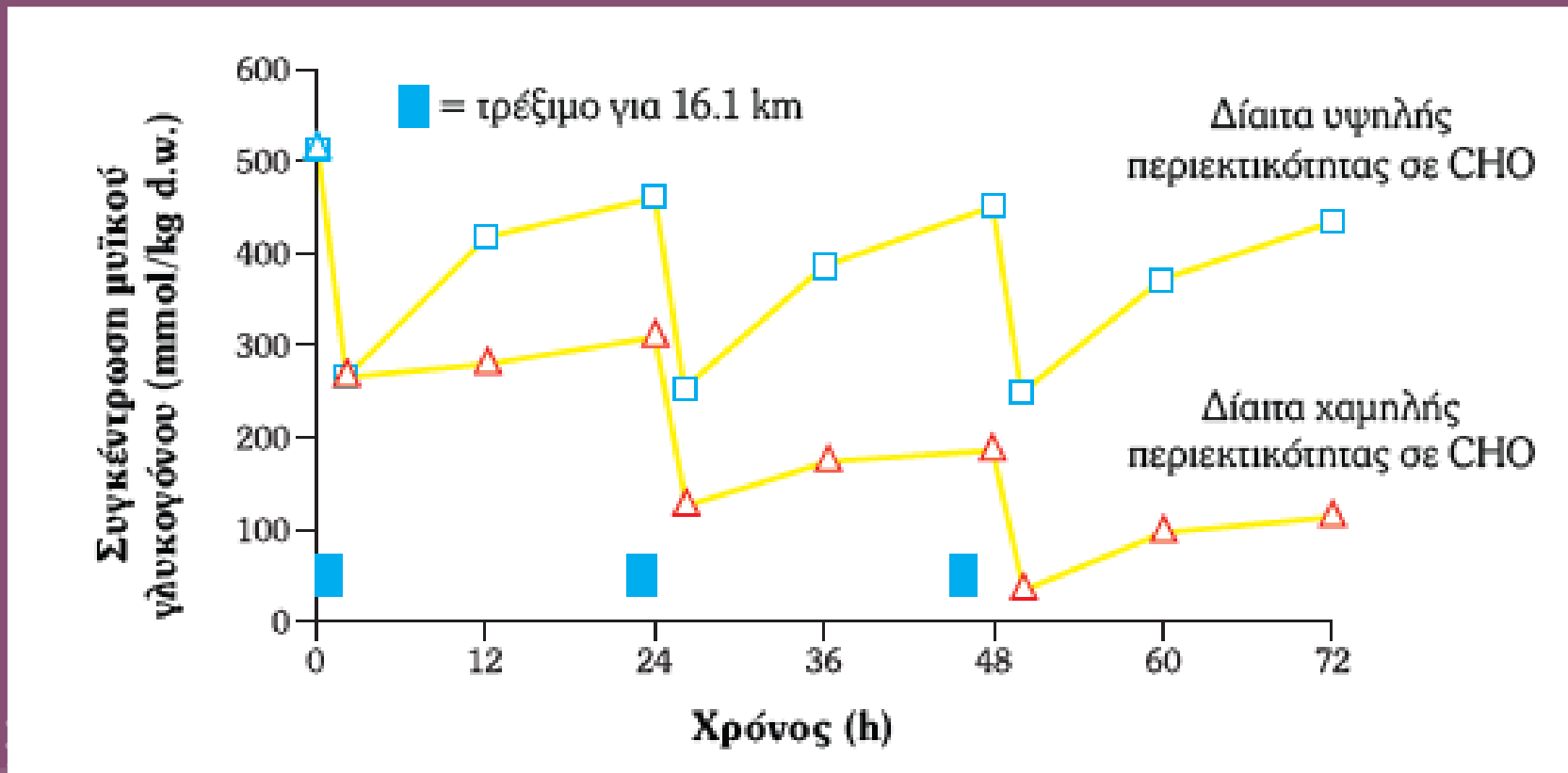
Η απόδοση κατά την άσκηση υψηλής έντασης ενισχύεται από στρατηγικές που διατηρούν υψηλή διαθεσιμότητα υδατανθράκων:
Απαιτούνται στρατηγικές που ταιριάζουν τα αποθέματα γλυκογόνου και γλυκόζης αίματος με τις απαιτήσεις της άσκησης σε καύσιμα.

Η εξάντληση των αποθηκών αυτών συνδέεται με κόπωση
(μειωμένος ρυθμός εργασίας, μειωμένη ικανότητα συγκέντρωσης, αυξημένη αντίληψη της προσπάθειας)

Το γλυκογόνο παίζει σημαντικό άμεσο και έμμεσο ρόλο στη ρύθμιση της προσαρμογής των μυών στην προπόνηση (εκτός από το ρόλο του ως υπόστρωμα μυών).

Η ποσότητα και ο εντοπισμός του γλυκογόνου μέσα στο μυϊκό κύτταρο μεταβάλλει το φυσικό, μεταβολικό και ορμονικό περιβάλλον στο οποίο σηματοδοτούνται οι αποκρίσεις στην άσκηση

Συγκέντρωση μυϊκού γλυκογόνου μετά από επαναλαμβανόμενες περιόδους τρεξίματος



ΕΙΔΗ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ

- Η ποσότητα των υδατανθράκων που προσλαμβάνονται μπορεί να είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη διέγερση της σύνθεσης γλυκογόνου μετά την άσκηση, αλλά το είδος των υδατανθράκων μπορεί επίσης να παίζει ρόλο
- Μια μελέτη διερεύνησε τις επιδράσεις του γλυκαιμικού δείκτη στην ανασύνθεση του μυϊκού γλυκογόνου
- Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν μια συνεδρία άσκησης η οποία εξάντλησε τις αποθήκες γλυκογόνου τους σε δύο περιπτώσεις, ενώ έλαβαν δίαιτα με υδατάνθρακες υψηλού γλυκαιμικού δείκτη στη μία περίπτωση και δίαιτα με υδατάνθρακες χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη στην άλλη
- Η συνολική πρόσληψη υδατανθράκων επί 24 ώρες ήταν 10 g ανά κιλό βάρους σώματος. Η αύξηση του μυϊκού γλυκογόνου ήταν περισσότερο από 50% μεγαλύτερη όταν καταναλώθηκαν υδατάνθρακες υψηλού γλυκαιμικού δείκτη
- Επομένως, τα τρόφιμα υψηλού γλυκαιμικού δείκτη μπορεί να είναι σημαντικά για την πλήρη ανασύνθεση του μυϊκού γλυκογόνου σε σύντομο χρονικό διάστημα (8-24 ώρες). Οι υψηλότερες αποκρίσεις της ινσουλίνης στα γεύματα υψηλού γλυκαιμικού δείκτη είναι πιθανώς υπεύθυνες για την αυξημένη σύνθεση γλυκογόνου

Τροφές με Υψηλό, Μέτριο και Χαμηλό Γλυκαιμικό Δείκτη

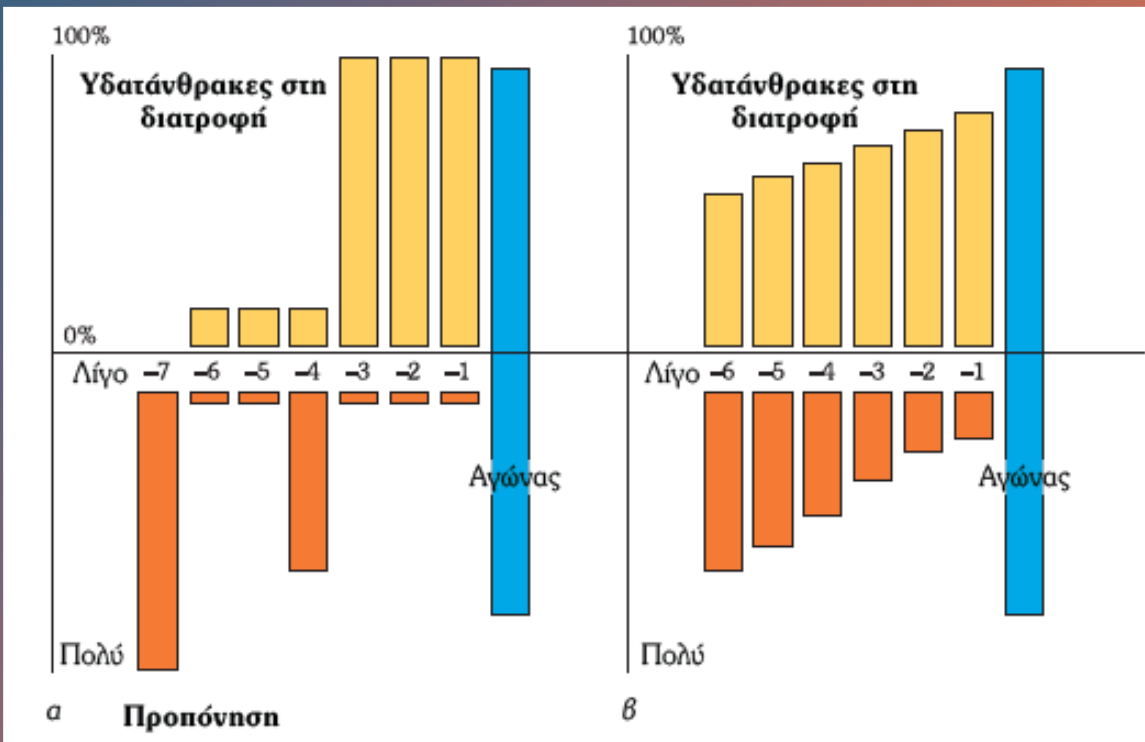
Γλυκαιμικός δείκτης (γλυκαιμικό φορτίο)	Τροφή, μέγεθος μερίδας, υδατάνθρακες	Γλυκαιμικός δείκτης (γλυκαιμικό φορτίο)	Τροφή, μέγεθος μερίδας, υδατάνθρακες	Γλυκαιμικός δείκτης (γλυκαιμικό φορτίο)	Τροφή, μέγεθος μερίδας, υδατάνθρακες
Υψηλός γλυκαιμικός δείκτης (>70)		Μέτριος γλυκαιμικός δείκτης (55-70)		Χαμηλός γλυκαιμικός δείκτης (<55)	
102 (23)	Τηγανίτες, φαγόπυρο, 80 g, 23 g	69 (24)	Κουλούρι, λευκό, 70 g, 35 g	54 (11)	Πατατόκια/τσιπς, 50 g, 21 g
95 (40)	Lucosade (αυθεντικό), 250 ml, 42 g	67 (17)	Λουκουμάδες, 47 g, 23 g	52 (17)	Γλυκό καλαμπόκι, 150 g, 32 g
92 (8)	Scones, 25 g, 9 g	67 (17)	Κρουασάν, 57 g, 23 g	52 (16)	Μπισκότα σοκολάτας, 45 g, 30 g
88 (23)	Ποπ ρυζιού, 30 g, 26 g	66 (5)	Μπύρα, 250 ml, 8 g	52 (12)	Μπανάνα, 120 g, 24 g
86 (26)	Ψητή πατάτα, 150 g, 27 g	65 (9)	Κους κους, 150 g, 14 g	51 (15)	Κουνάκερ (σίτου και βρώμης), 250 g, 30 g
83 (16)	Πρέτσελς, 30 g, 20g	64 (28)	Σταφίδες, 60 g, 44 g	50 (13)	Χυμός πορτοκάλι, 250 ml, 26 g
82 (17)	Ριζογκοφρέτα, 25 g, 21 g	63 (16)	Coca-Cola, 250 ml, 26 g	49 (10)	Μούσλι, 30 g, 20 g
81 (21)	Κορν φλέικς (δημητριακά) 30 g, 26 g	62 (26)	Μπαγκέτα με βούτυρο και μαρμελάδα, 70 g, 41 g	49 (24)	Σπαγγέτι, λευκά, βραστά, 180 g, 48 g
80 (22)	Ζελεδάκια, 30 g, 28 g	60 (7)	Ψωμί, λευκό, φρυγανισμέ-νο, 30 g, 15 g	48 (7)	Φασόλια φούρνου, 150 g, 15 g
78 (12)	Τυπικό ενεργειακό ποτό, 250 ml, 15 g	59 (10)	Digestives (μπισκότα), 25 g, 16 g	47 (3)	Καρότα, 80 g, 6 g
75 (11)	Ψωμί, λευκό, με σιτάλευρο, 30 g, 15 g	57 (6)	Παγωτό, κανονικό, 50 g, 10 g	46 (8)	Σταφύλια, 120 g, 18 g
75 (12)	Weetabix (δημητριακά), 30 g, 22 g	57 (22)	Μάφιν βατόμουρο, 70 g, 39 g	44 (9)	All-Bran (δημητριακά), 30 g, 20 g
75 (16)	Βραστή πατάτα, 150 g, 28 g	57 (9)	Κέικ φρούτων, 30 g, 18 g	40 (15)	Νουντλς ρυζιού, βρασμένα, 180 g, 39 g
74 (21)	Cheerios (δημητριακά), 30 g, 20 g	56 (24)	Μπάρα ενέργειας, σοκολάτα, 65 g, 42 g	38 (6)	Μήλα, 120 g, 15 g
73 (15)	Cupcakes με γλάσο, 38 g, 26 g	56 (23)	Ρύζι μακρύκοκκο, βραστό, 150 g, 42 g	36 (9)	Πίτσα Μαργαρίτα, 100 g, 24 g
72 (9)	Ποπ κορν, 20 g, 12 g	55 (19)	Snickers μπάρα, 60 g, 35 g	31 (4)	Γάλα πλήρες, 250 ml, 12 g



Πρόσληψη Υδατανθράκων τις Ημέρες Πριν από τον Αγώνα

- Η πρόσληψη υδατανθράκων τις ημέρες πριν από αγώνα αναπληρώνει κυρίως τις αποθήκες μυϊκού γλυκογόνου, ενώ η πρόσληψη υδατανθράκων τις ώρες πριν από αγώνα βελτιστοποιεί τις αποθήκες του ηπατικού γλυκογόνου
- Είναι σημαντικό να επιτευχθεί υψηλή συγκέντρωση μυϊκού γλυκογόνου κατά την έναρξη ενός αγώνα αντοχής
- Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 οι ερευνητές άρχισαν να κάνουν πειράματα με διαφορετικές ασκήσεις και διατροφικά πλάνα ώστε να το επιτύχουν αυτό
- Σκανδιναβοί ερευνητές ανακάλυψαν ότι το μυϊκό γλυκογόνο θα μπορούσε να «υπερ-πληρωθεί» μέσω αλλαγών στη διατροφή και την άσκηση (Bergstrom and Hultman 1967b)





(α) Τα κλασικά πρωτόκολλα υπερπλήρωσης αποτελούνταν από μια συνεδρία άσκησης εξάντλησης γλυκογόνου και ακολουθούσε για 3 ημέρες δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και λίπη, κι έπειτα μια ακόμα συνεδρία εξαντλητικής άσκησης την 4η ημέρα, ακολουθούμενη από 3ήμερη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες

(β) Αργότερα προτάθηκε ένα πιο ήπιο πρωτόκολλο, το οποίο ήταν σχεδόν εξίσου αποτελεσματικό

Σημειώστε ότι κάθε γραμμάριο υδατάνθρακα αποθηκεύεται μαζί με περίπου 3 g νερού, πράγμα που σημαίνει ότι η αποθήκευση 500 g (1.912 kcal) υδατανθράκων συνοδεύεται από αύξηση της σωματικής μάζας κατά περίπου 2 kg

Σε ορισμένα αθλήματα ή ασκήσεις (ιδίως σε δραστηριότητες που φέρουν βάρος), αυτή η αύξηση της σωματικής μάζας μπορεί να μην είναι επιθυμητή

ΕΙΝΑΙ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ Η ΦΟΡΤΙΣΗ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ;

Είναι σαφές ότι το γλυκογόνο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και ότι τα χαμηλά αποθέματα γλυκογόνου κατά την έναρξη της άσκησης πιθανότατα θα οδηγήσουν σε μειωμένη ικανότητα άσκησης και απόδοσης κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι τα αποθέματα γλυκογόνου θα πρέπει να είναι υψηλά κατά την έναρξη της άσκησης, όμως τα υψηλότερα είναι καλύτερα; Η απάντηση μπορεί να είναι όχι. Μόλις επιτύχετε υψηλά επίπεδα γλυκογόνου, το επιπλέον γλυκογόνο μπορεί να μην είναι περισσότερο ωφέλιμο, επειδή θα αυξηθούν επίσης και οι ρυθμοί διάσπασης του γλυκογόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης. Οι ρυθμοί της γλυκογονόλυσης σχετίζονται άμεσα με τη συγκέντρωση γλυκογόνου. Αυτό σημαίνει ότι αν ξεκινήσετε με εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις γλυκογόνου, θα το διασπάσετε πολύ γρήγορα κατά την έναρξη της άσκησης. Είναι πιθανό ότι από τα 30 έως τα 60 λεπτά άσκησης, οι συγκεντρώσεις γλυκογόνου θα είναι παρόμοιες είτε ξεκινήσατε με υψηλά είτε με πολύ υψηλά αποθέματα γλυκογόνου. Η φόρτιση γλυκογόνου δεν είναι απαραίτητη για σχετικά σύντομες διοργανώσεις (<30 λεπτά), αλλά σε μεγαλύτερες διοργανώσεις θα μπορούσε να ωφελήσει.

Ποδόσφαιρο

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΜΥΪΚΟΥ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ (G/KG W.W.)

	Πριν	Ημίχρονο	Τέλος
Δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες	15	4	1
Κανονική διατροφή	7	1	0

ΔΙΑΝΥΘΕΙΣΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

	Πρώτο ημίχρονο	Δεύτερο ημίχρονο	Περπάτημα (%)	Sprint (%)
Δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες	6,100 m (3.8 mi)	5,900 m (3.7 mi)	27	24
Κανονική διατροφή	5,600 m (3.5)	4,100 m (2.5 mi)	50	15



Πρόσληψη Υδατανθράκων τις Ώρες Πριν από την Άσκηση

- Οι αθλητές θα πρέπει να καταναλώνουν το τελευταίο μεγάλο γεύμα τους 3 έως 5 ώρες πριν από τον αγώνα
- Αυτό το γεύμα (που συνήθως είναι το πρωινό) μπορεί να είναι σημαντικό μετά από ολονύκτια νηστεία, όταν το ήπαρ έχει σχεδόν εξαντλήσει το γλυκογόνο
- Τα πλεονεκτήματα ενός γεύματος τις ώρες πριν από την άσκηση σχετίζονται με την αυξημένη διαθεσιμότητα υδατανθράκων στους μυς και το ήπαρ
- Κατά τις 3 έως 5 ώρες πριν από την άσκηση, ορισμένοι υδατάνθρακες ενσωματώνονται στο μυϊκό γλυκογόνο
- Η πρόσληψη υδατανθράκων την τελευταία ώρα πριν από τον αγώνα δεν θα επηρεάσει το μυϊκό γλυκογόνο, αλλά θα επηρεάσει το ηπατικό γλυκογόνο και θα αυξήσει την παροχή υδατανθράκων στους μυς κατά τη διάρκεια της άσκησης



Η πρόσληψη υδατανθράκων τις ώρες πριν από την άσκηση έχει τρεις σημαντικές επιδράσεις:

1. Προσωρινή πτώση της γλυκόζης πλάσματος με την έναρξη της άσκησης
2. Αυξημένη οξείδωση υδατανθράκων και επιταχυνόμενη διάσπαση γλυκογόνου
3. Άμβλυνση της κινητοποίησης λιπαρών οξέων και της οξείδωσης λίπους

Πρόσληψη Υδατανθράκων τις Ώρες Πριν από την Άσκηση

Η λήψη ενός γεύματος πλούσιου σε υδατάνθρακες (που περιέχει περίπου 140 έως 330 g υδατανθράκων) 3 έως 5 ώρες πριν από την άσκηση αυξάνει τα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου και βελτιώνει την απόδοση στην άσκηση



Ακολουθεί ένα παράδειγμα ημερήσιου διατροφολογίου που περιέχει 150 g υδατανθράκων που αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον το 80% της ενεργειακής πρόσληψης:

Γεύμα 1: ένα μεγάλο μπουλ κουάκερ με αποβουτυρωμένο γάλα, μία μπανάνα και 250 ml χυμός πορτοκάλι με γλυκαντικά

Γεύμα 2: τέσσερις φέτες ψωμί με μαρμελάδα ή μέλι και ένα κουτάκι αναψυκτικό

Γεύμα 3: 3 φλιτζάνια ρύζι ελαφρά τηγανισμένο με μικρές ποσότητες άπαχου ζαμπόν ή κοτόπουλου, αρακά, καλαμπόκι, μανιτάρια και κρεμμύδι και 250 ml χυμό φρούτων

Πρόσληψη Υδατανθράκων 30 έως 60 λεπτά Πριν από την Άσκηση

- Η πρόσληψη υδατανθράκων την ώρα πριν από την άσκηση έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση της γλυκόζης και της ινσουλίνης στο πλάσμα
- Με την έναρξη της άσκησης, ωστόσο, παρατηρείται ταχεία πτώση της γλυκόζης στο αίμα
- Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντιδραστική υπογλυκαιμία



Οι παράγοντες που καθορίζουν τη γλυκαιμική απόκριση κατά τη διάρκεια της άσκησης περιλαμβάνουν τις συνδυασμένες διεγερτικές επιδράσεις της ινσουλίνης και της συσταλτικής δραστηριότητας στη μυϊκή πρόσληψη γλυκόζης, την ισορροπία των ανασταλτικών και διεγερτικών επιδράσεων της ινσουλίνης και των κατεχολαμινών στην παραγωγή γλυκόζης από το ήπαρ και το μέγεθος της συνεχόμενης εντερικής απορρόφησης γλυκόζης από τους προσλαμβανόμενους υδατάνθρακες.



Επειδή οι μεταβολικές επιδράσεις της πρόσληψης υδατανθράκων πριν από την άσκηση είναι συνέπεια της υπεργλυκαιμίας και της υπερινσουλιναιμίας, έχει αναπτυχθεί ενδιαφέρον για στρατηγικές που ελαχιστοποιούν τις μεταβολές της γλυκόζης και της ινσουλίνης του πλάσματος πριν από την άσκηση.

Αυτές οι στρατηγικές περιλαμβάνουν τη λήψη φρουκτόζης ή άλλων τύπων υδατανθράκων εκτός της γλυκόζης που έχουν χαμηλότερο **γλυκαιμικό δείκτη**, τη διαφοροποίηση του φορτίου υδατανθράκων ή του χρονοδιαγράμματος λήψης, την προσθήκη λίπους και τη συμπερίληψη άσκησης προθέρμανσης στην περίοδο πριν από την άσκηση.

+

•

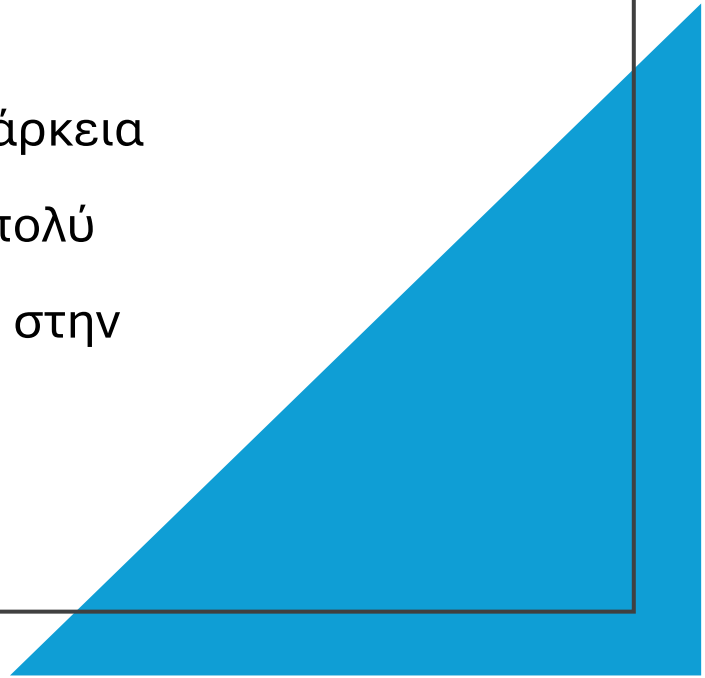
○

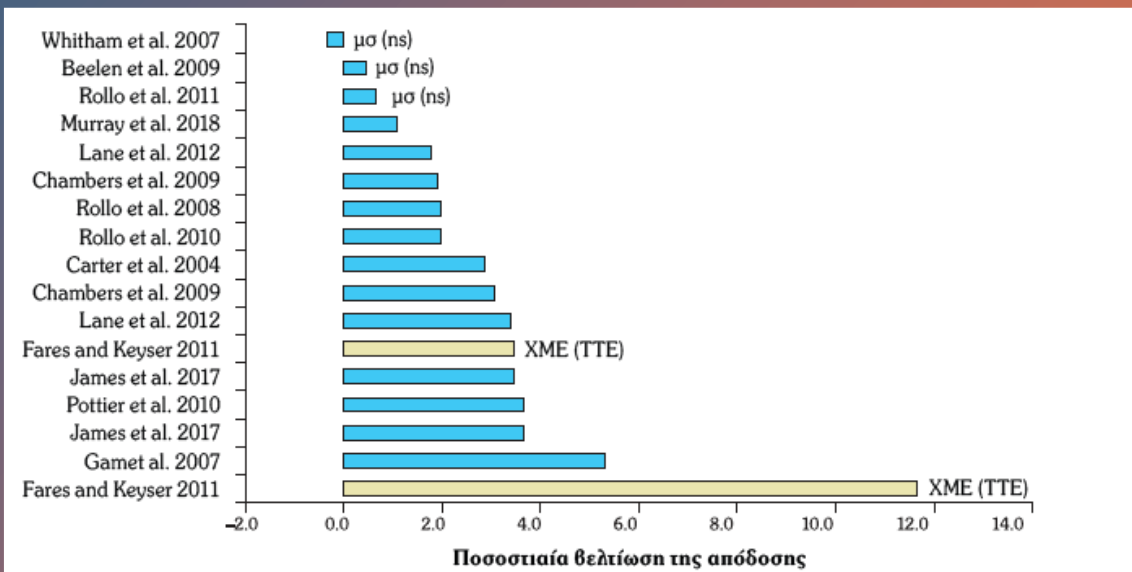
Πρόσληψη Υδατανθράκων Κατά τη Διάρκεια της Άσκησης

- Διατήρηση γλυκόζης στο αίμα και υψηλών επιπέδων οξείδωσης των υδατανθράκων
- Εξοικονόμηση γλυκογόνου στο ήπαρ και ενδεχομένως στους μυς
- Προώθηση της σύνθεσης γλυκογόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης
- Επηρεάζει τις κινητικές δεξιότητες
- Επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα

Το Φαινόμενο του Ξεπλύματος του Στόματος με Υδατάνθρακες

- Το απλό ξέπλυμα του στόματος με διάλυμα υδατανθράκων μπορεί επίσης να βελτιώσει την απόδοση σε ποδηλατικό αγώνα
- Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται υψηλή παραγωγή ισχύος για διάρκεια περίπου 45 έως 75 λεπτών, το ξέπλυμα του στόματος ή η λήψη πολύ μικρών ποσοτήτων υδατανθράκων παίζουν μη μεταβολικό ρόλο στην ενίσχυση της απόδοσης κατά περίπου 2% έως 3%

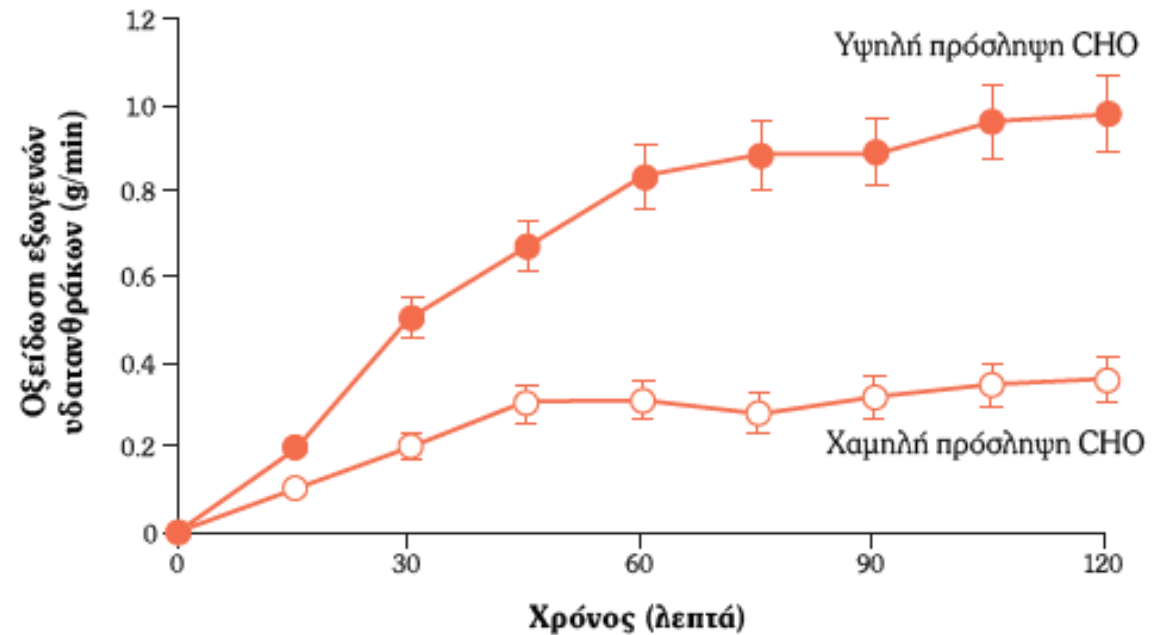


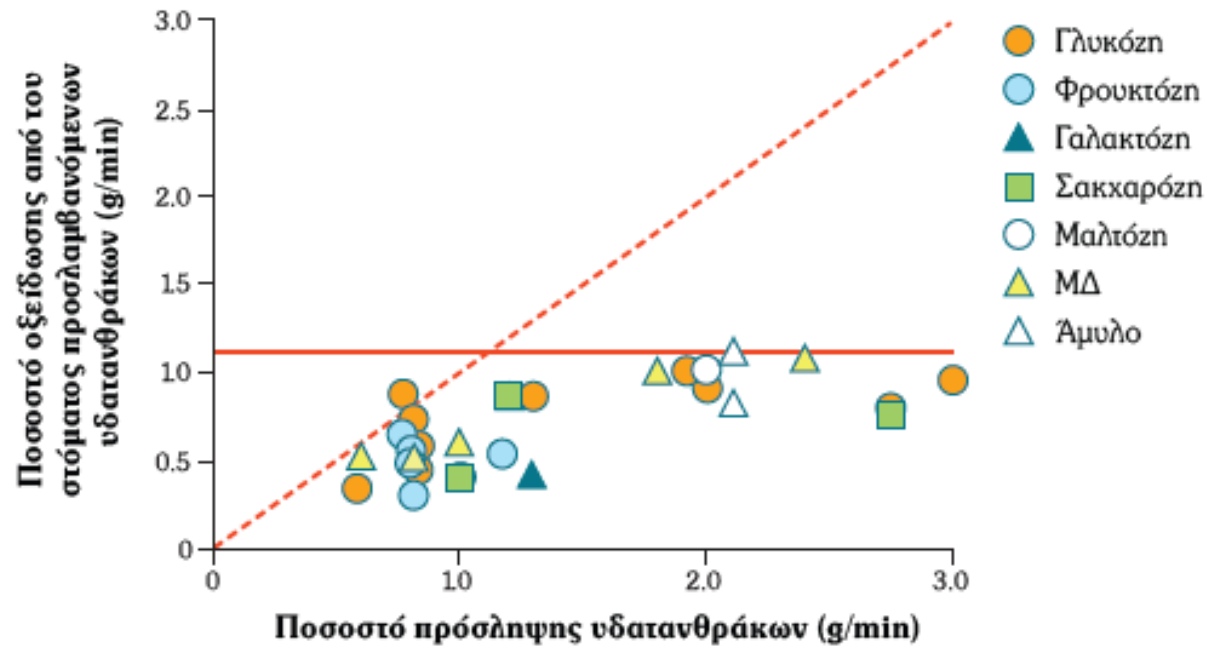


- Επισκόπηση των μελετών για το ξέπλυμα του στόματος με υδατάνθρακες
- Οι γκρίζες ράβδοι υποδεικνύουν δοκιμασίες χρόνου μέχρι την εξάντληση σε αντιδιαστολή με δοκιμασίες χρόνου
- Το μέγεθος της αλλαγής της απόδοσης επηρεάζεται από το είδος της δοκιμασίας απόδοσης (δηλαδή ο χρόνος μέχρι την εξάντληση δίνει υπερβολικές αλλαγές· οι δοκιμασίες χρόνου παρέχουν πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις των επιδράσεων, καθώς είναι συνήθως πιο αντιπροσωπευτικές των πραγματικών αθλητικών αγώνων).
- μσ = μη σημαντικό· XME = χρόνος μέχρι την εξάντληση

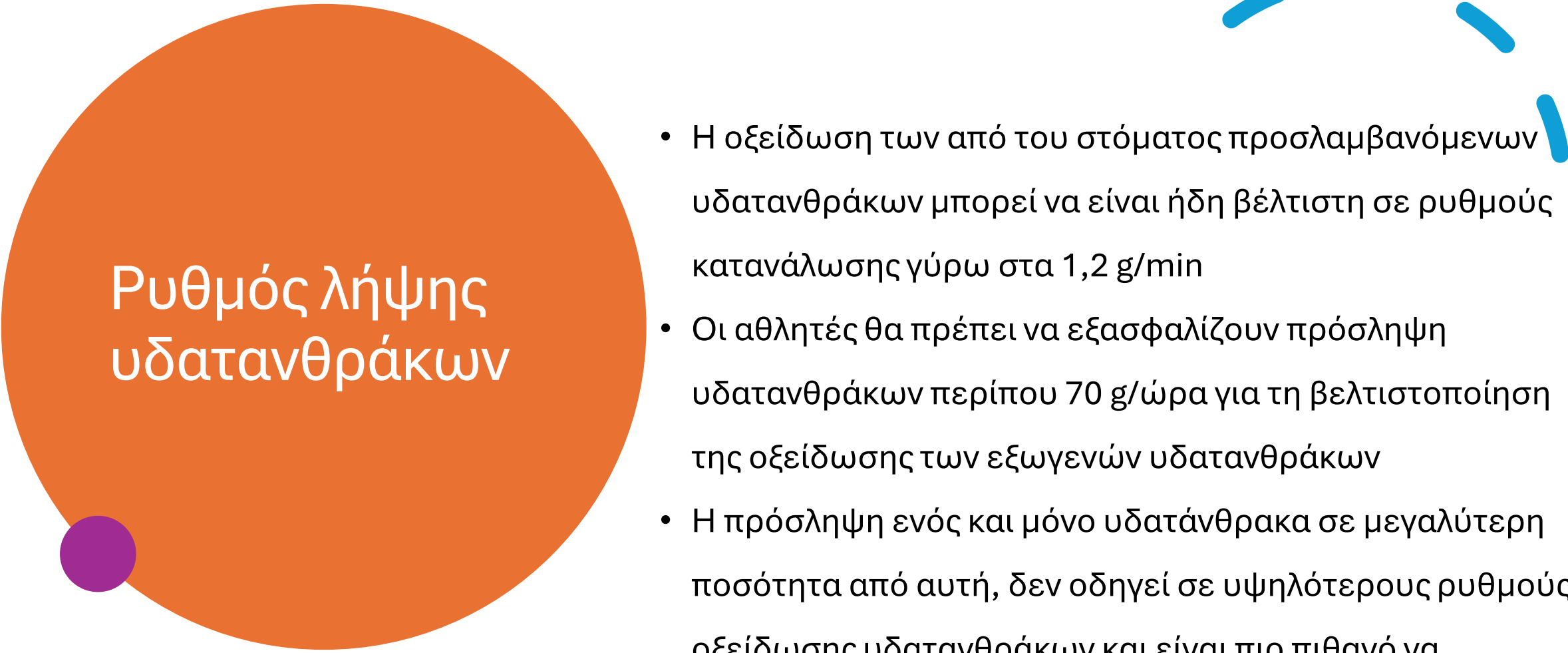
Χρόνος Πρόσληψης

- Οξείδωση εξωγενών υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης
- Η καμπύλη δείχνει το τυπικό μοτίβο της οξείδωσης των υδατανθράκων που προσλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα





Μέγιστη οξείδωση εξωγενών υδατανθράκων σε σχέση με τον ρυθμό πρόσληψης. ΜΔ = μαλτοδεξτρίνη



Ρυθμός λήψης υδατανθράκων

- Η οξείδωση των από του στόματος προσλαμβανόμενων υδατανθράκων μπορεί να είναι ήδη βέλτιστη σε ρυθμούς κατανάλωσης γύρω στα 1,2 g/min
- Οι αθλητές θα πρέπει να εξασφαλίζουν πρόσληψη υδατανθράκων περίπου 70 g/ώρα για τη βελτιστοποίηση της οξείδωσης των εξωγενών υδατανθράκων
- Η πρόσληψη ενός και μόνο υδατάνθρακα σε μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή, δεν οδηγεί σε υψηλότερους ρυθμούς οξείδωσης υδατανθράκων και είναι πιο πιθανό να προκαλέσει δυσφορία στο γαστρεντερικό σύστημα

Αύτη η ποσότητα υδατανθράκων μπορεί να βρεθεί στις ακόλουθες πηγές:

3 μέτριες μπανάνες

2 κέικ ρυζιού

1 L αθλητικό ποτό

600 ml ποτό όπως η κόλα

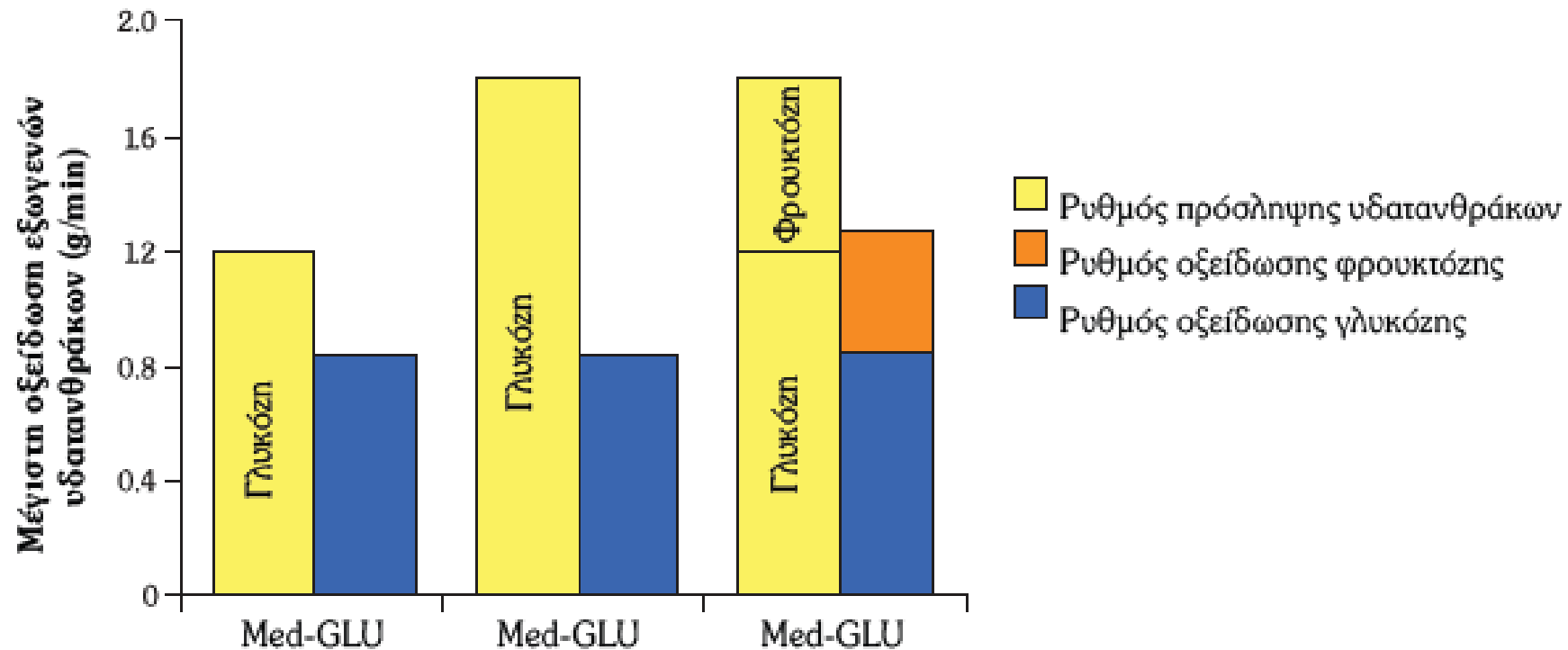
1,5 ενεργειακές μπάρες

2 έως 3 ενεργειακά τζελ

120 έως 150 g γλυκά ή μασώμενες
καραμέλες

Ο ρυθμός οξείδωσης της γλυκόζης και της φρουκτόζης σε ένα συνδυασμένο ποτό είναι υψηλότερος από τον ρυθμό οξείδωσης παρόμοιων ποσοτήτων είτε γλυκόζης είτε φρουκτόζης μόνο

FRUC = φρουκτόζη, GLU = γλυκόζη



Περιορισμοί στην Οξείδωση Εξωγενών Υδατανθράκων

Γαστρική κένωση

Πέψη του υδατάνθρακα

Εντερική απορρόφηση υδατανθράκων

Κατακράτηση υδατανθράκων από το ήπαρ

Πρόσληψη γλυκόζης από τον μυ

Μεταβολισμός στους μυς (γλυκόλυση, κύκλος TCA και οξειδωτική φωσφορυλίωση)

ΡΥΘΜΟΙ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΣΚΗΣΗΣ

Υδατάνθρακες αργής οξείδωσης (έως 0,6 g/min)

Φρουκτόζη (σάκχαρο που βρίσκεται στο μέλι, τα φρούτα κ.ο.κ.)

Γαλακτόζη (σάκχαρο που βρίσκεται στα ζαχαρότευτλα)

Ισομαλτουλόζη (σάκχαρο που βρίσκεται στο μέλι και το ζαχαροκάλαμο)

Τρεχαλόζη (σάκχαρο που βρίσκεται σε μύκητες, ορισμένα φυτά και ασπόνδυλα ζώα)

Αμυλόζη (από τη διάσπαση του αμύλου)

Υδατάνθρακες ταχείας οξείδωσης (περίπου 1 g/min)

Γλυκόζη (σάκχαρο που σχηματίζεται από τη διάσπαση του αμύλου)

Σακχαρόζη (επιτραπέζια ζάχαρη – γλυκόζη συν φρουκτόζη)

Μαλτόζη (δύο μόρια γλυκόζης)

Μαλτοδεξτρίνες (από τη διάσπαση του αμύλου)

Αμυλοπηκτίνη (από τη διάσπαση του αμύλου)

Μίγματα υδατανθράκων πολύ ταχείας οξείδωσης (>1 g/min)

Γλυκόζη και φρουκτόζη (με τουλάχιστον 60 g/ώρα από γλυκόζη)

Μαλτοδεξτρίνη και φρουκτόζη (με τουλάχιστον 60 g/ώρα από μαλτοδεξτρίνη)

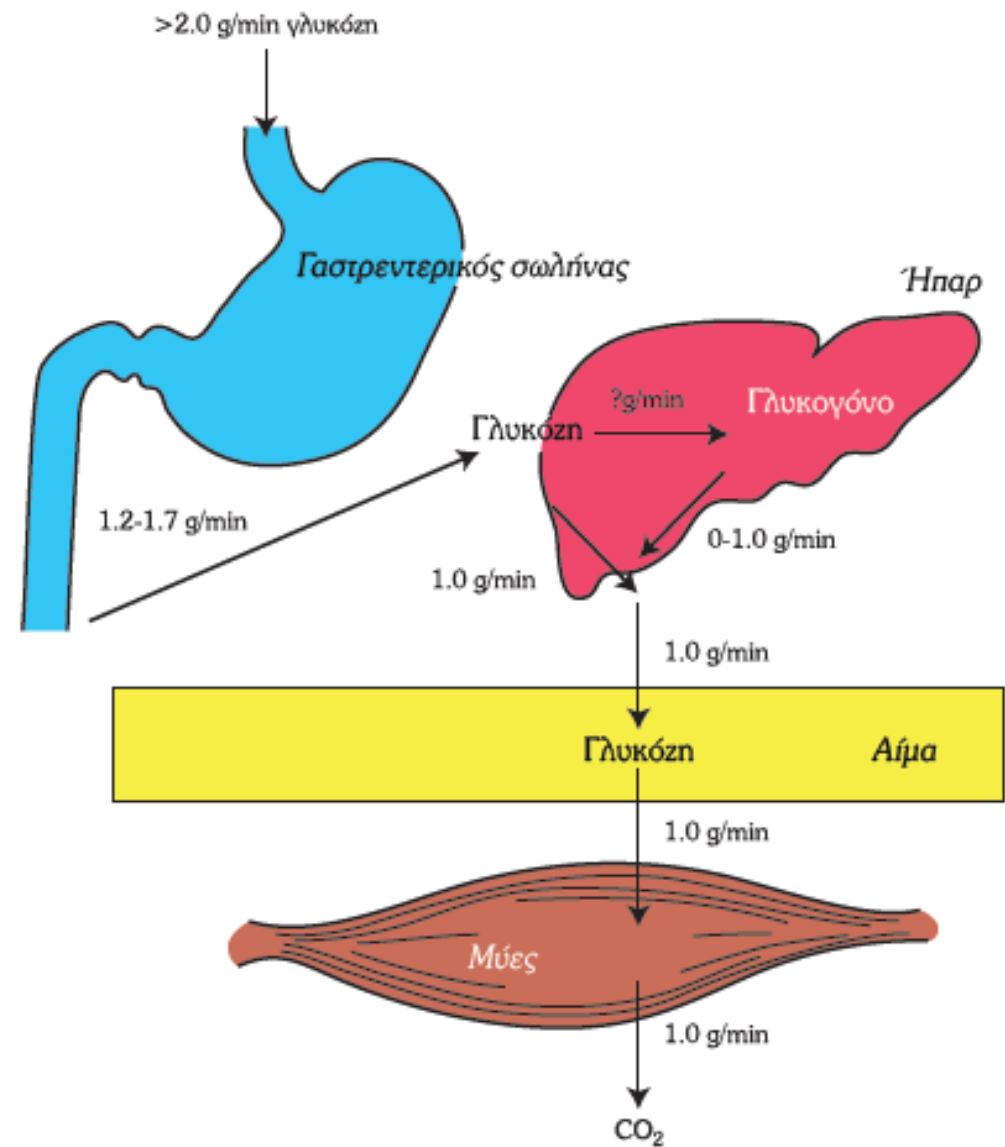
Γλυκόζη, σακχαρόζη και φρουκτόζη (με τουλάχιστον 60 g/ώρα από γλυκόζη και σακχαρόζη)

Γαστρική κένωση γλυκόζης, απορρόφηση
και πρόσληψη από τον σκελετικό μυ

Μετά από την κατανάλωσή της, η γλυκόζη
ταξιδεύει από το έντερο στον μυ

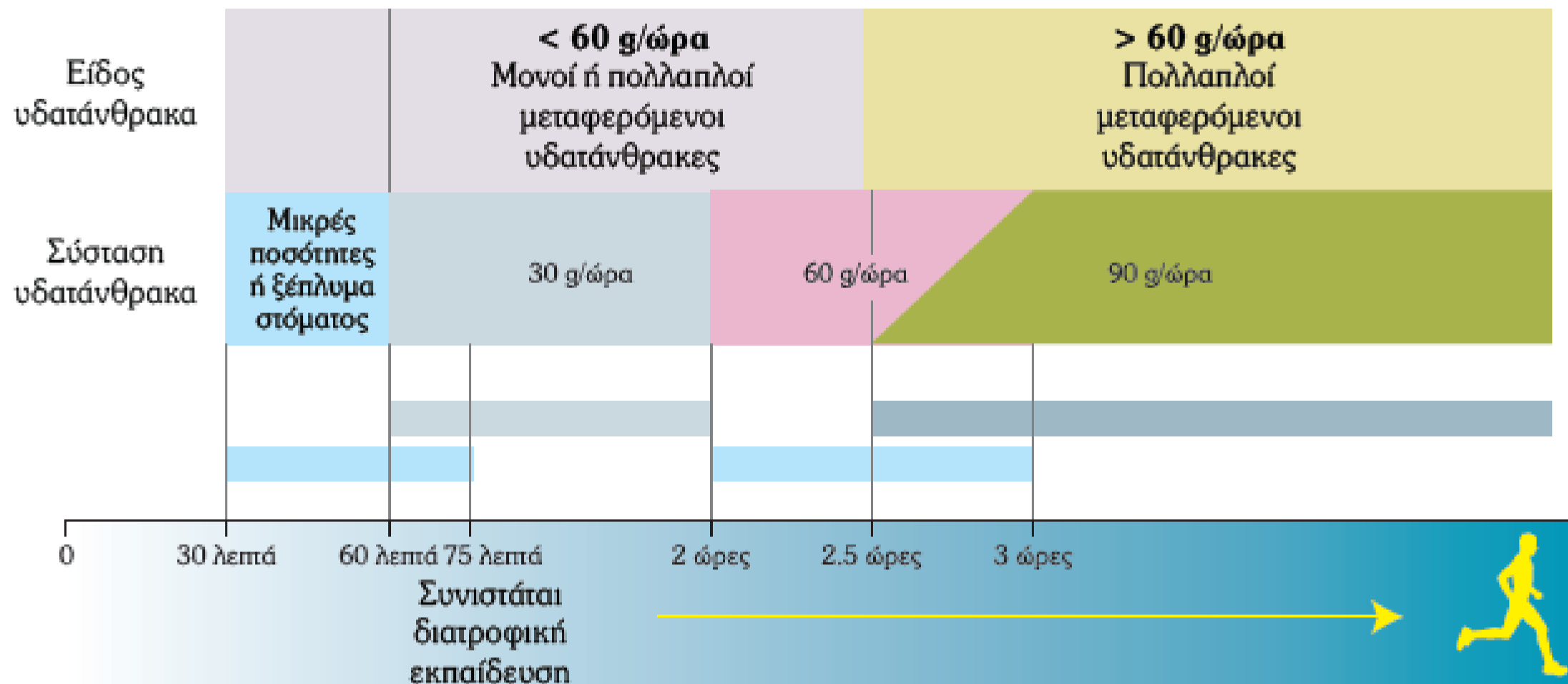
Αναφέρεται η προτεινόμενη μέγιστη ροή
σε κάθε ένα από τα στάδια

Είναι άγνωστο πόση γλυκόζη κατευθύνεται
προς αποθήκευση ως ηπατικό γλυκογόνο



ΚΑΦΕΪΝΗ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΕΞΩΓΕΝΩΝ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ

Ο κύριος παράγοντας που περιορίζει την οξείδωση των υδατανθράκων που περιέχονται σε ένα ποτό φαίνεται ότι είναι η απορρόφηση. Σε μια μελέτη (van Nieuwenhoven et al. 2000), προτάθηκε ότι η καφεΐνη μπορεί να αυξήσει την απορρόφηση της γλυκόζης. Αυτή η υπόθεση οδήγησε στην ιδέα ότι η καφεΐνη που προστίθεται σε ένα υδατανθρακούχο ποτό μπορεί όχι μόνο να αυξήσει την απορρόφηση, αλλά και να οδηγήσει σε μεγαλύτερη παροχή υδατανθράκων στους μυς και σε υψηλότερους ρυθμούς οξείδωσης των εξωγενών υδατανθράκων. Οι Yeo και συνεργάτες (2005) εξέτασαν αυτήν την υπόθεση και διαπίστωσαν ότι η οξείδωση των εξωγενών υδατανθράκων αυξήθηκε κατά 17% όταν προστέθηκαν σχετικά μεγάλες ποσότητες καφεΐνης. Επομένως, η καφεΐνη μπορεί όχι μόνο να έχει άμεση επίδραση στην απόδοση της άσκησης (βλέπε Κεφάλαιο 11), αλλά και να βοηθά την απορρόφηση και την οξείδωση των υδατανθράκων. Η ακριβής απαιτούμενη δόση υδατανθράκων και καφεΐνης εξακολουθεί να μην είναι σαφής, διότι μια μελέτη παρακολούθησης με χαμηλότερη δόση καφεΐνης δεν διαπίστωσε σημαντική αύξηση του ρυθμού οξείδωσης των εξωγενών υδατανθράκων, αν και η επίδοση στη δοκιμασία χρόνου βελτιώθηκε σε σύγκριση με μόνο υδατάνθρακες ή εικονικό φάρμακο (Hulston and Jeukendrup 2008). Περισσότερες πληροφορίες για την καφεΐνη μπορείτε να βρείτε στο Κεφάλαιο 11.



Exercise intensity	Minutes of activity per day	Recommended carbohydrate intake (g/kg)
Low	<60	3-5
Moderate	60	5-7
High	60-180	6-10

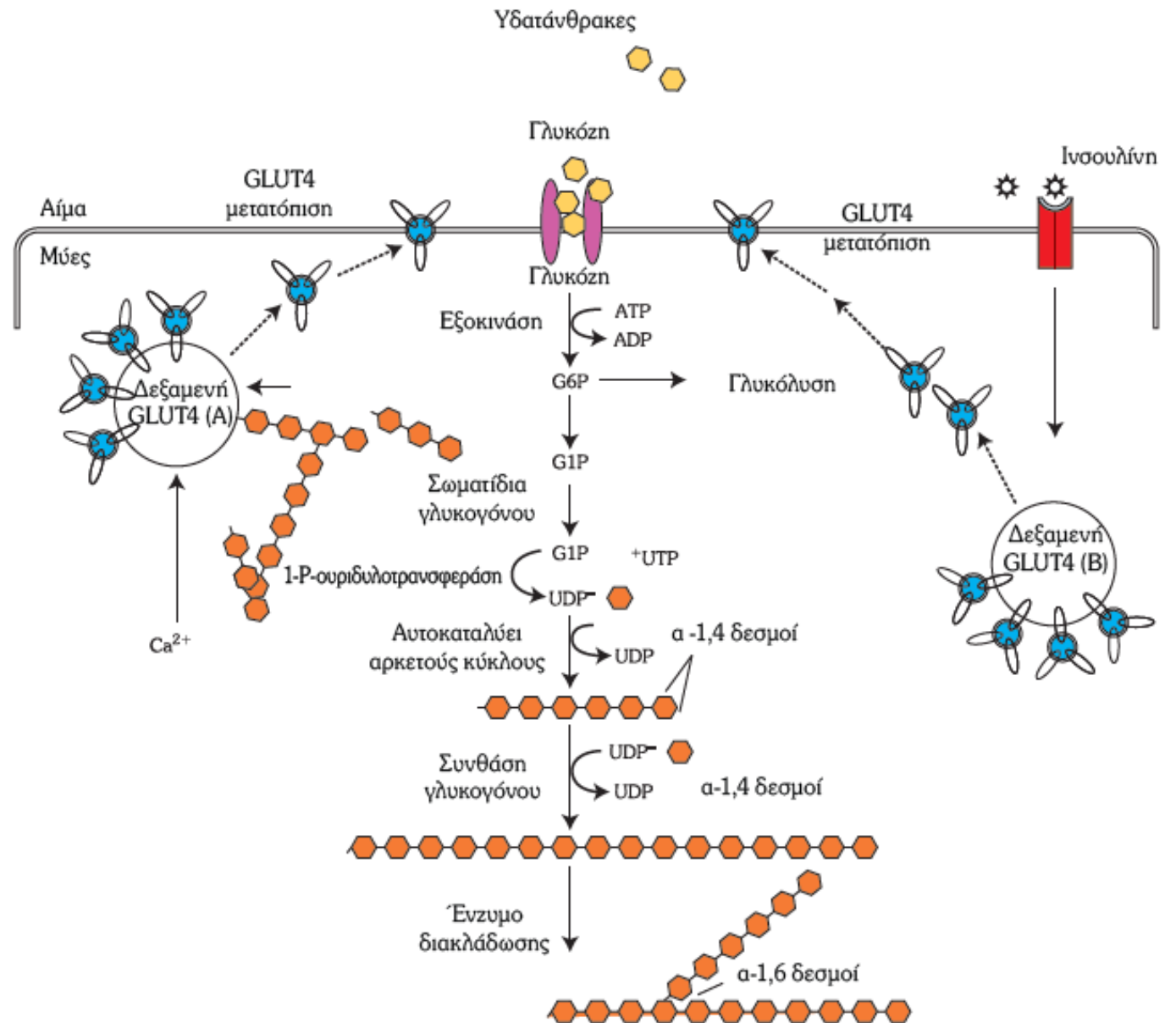
Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. *Front. Nutr.* 10:1331854.
doi: 10.3389/fnut.2023.1331854

Table 2-2. Recommendations for during-exercise carbohydrate intake

Organization	Carbohydrate during exercise	Other guidelines
ADA, ACSM, & Dietitians of Canada (Rodriguez et al., 2009)	30-60 g·hr ⁻¹ for events lasting longer than an hour	• CHO solutions between 6-10% concentration • CHO should be primarily glucose • Form (liquid, solid) does not matter
IOC Consensus Conference (Burke et al., 2011)	• <45 min: none • 45-75 min: small or mouth rinse • 1-2.5 hr: up to 60 g·hr⁻¹ • >2.5 hr: up to 90 g·hr⁻¹	CHO form and frequency consumption should be individualized to each athlete

Abbreviations: ACSM, American College of Sports Medicine; ADA, American Dietetic Association; CHO, carbohydrate; IOC, International Olympic Committee.

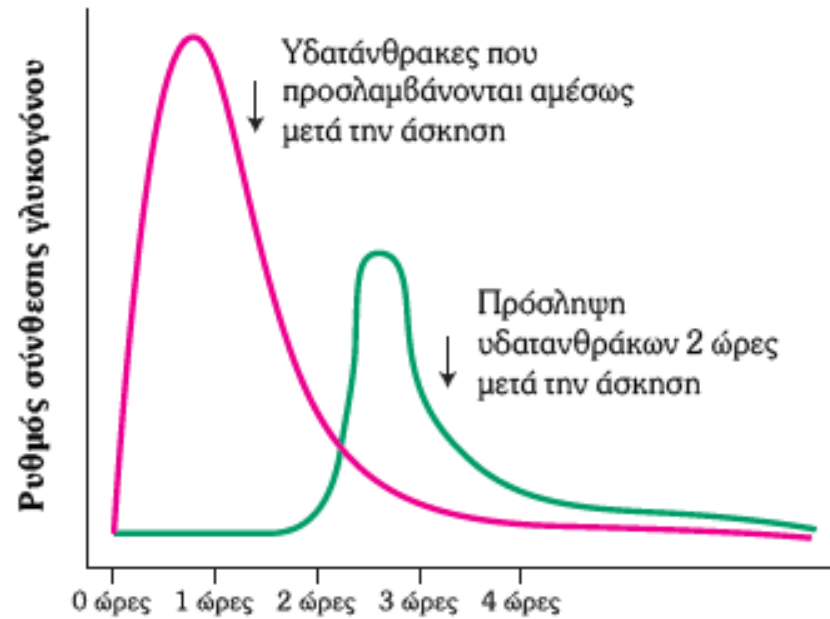
Μηχανισμοί
μεταφοράς
γλυκόζης μέσα
στον μυ και
σύνθεση
γλυκογόνου.



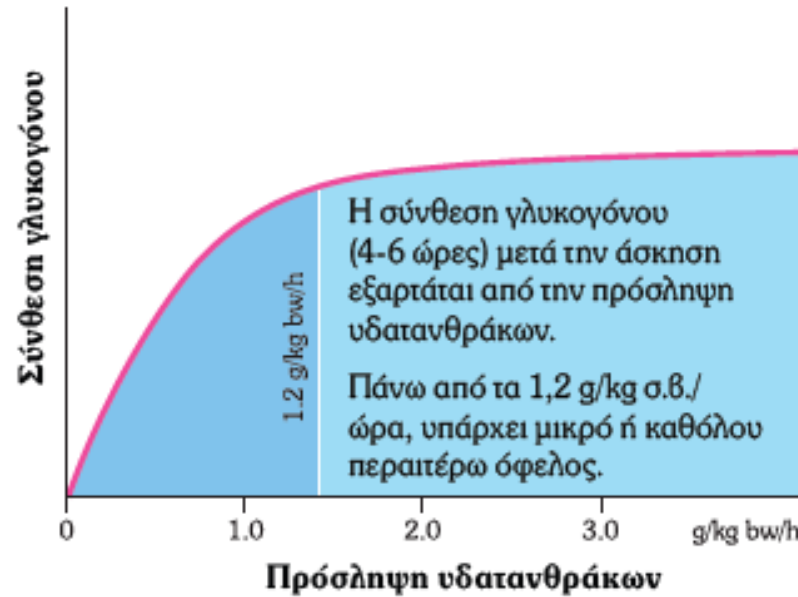


Ο ρυθμός σύνθεσης γλυκογόνου εξαρτάται από

- τη διαθεσιμότητα της γλυκόζης
- τη μεταφορά γλυκόζης μέσα στο κύτταρο, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από προηγούμενη άσκηση (η άσκηση διεγείρει την πρόσληψη γλυκόζης για 1-2 ώρες μετά την πραγματοποίησή της και αυξάνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη), τη συγκέντρωση ινσουλίνης (η υψηλή συγκέντρωση ινσουλίνης διεγείρει την πρόσληψη γλυκόζης) και την περιεκτικότητα σε μυϊκό γλυκογόνο (το χαμηλό μυϊκό γλυκογόνο διεγείρει την πρόσληψη γλυκόζης)
- τη δραστηριότητα των ενζύμων (ιδίως της συνθάσης του γλυκογόνου), η οποία εξαρτάται επίσης από τη συγκέντρωση ινσουλίνης (η υψηλή συγκέντρωση ινσουλίνης διεγείρει τη σύνθεση γλυκογόνου).



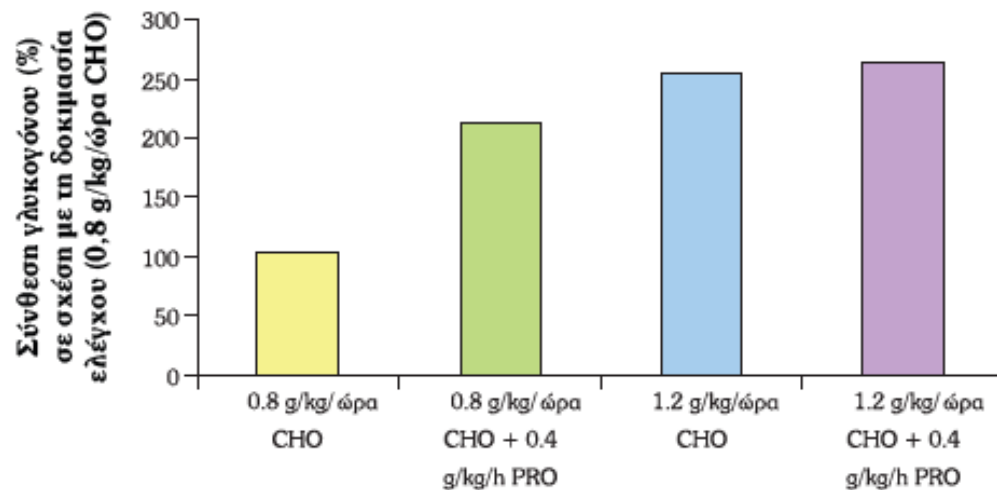
Εικόνα 6.13 Επίδραση του χρόνου στην ανασύνθεση του μυϊκού γλυκογόνου.



Εικόνα 6.14 Ανασύνθεση μυϊκού γλυκογόνου μετά από άσκηση σε συνάρτηση με την πρόσληψη υδατανθράκων.

Ταχεία Φάση της Σύνθεσης Γλυκογόνου Μετά την Άσκηση

Αργή Φάση της Σύνθεσης Γλυκογόνου Μετά την Άσκηση



- Ο ρυθμός σύνθεσης μυϊκού γλυκογόνου μετά την κατανάλωση διαφόρων ποτών με υδατάνθρακες και υδατάνθρακες–πρωτεΐνες
- Ο ρυθμός σύνθεσης για ένα ποτό που περιέχει 0,8 g υδατανθράκων ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ώρα έχει οριστεί στο 100% και όλοι οι άλλοι ρυθμοί σύνθεσης εκφράζονται σε σχέση με αυτήν τη βασική τιμή
- PRO = πρωτεΐνη

ΚΑΦΕΪΝΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ

Έχει αποδειχθεί ότι η καφεΐνη μειώνει την πρόσληψη γλυκόζης από τους μυς που διεγείρεται από την ινσουλίνη και, ως εκ τούτου, έχει υποστηριχθεί ότι επηρεάζει τον μεταβολισμό της γλυκόζης. Η κατανάλωση καφεΐνης πριν από μια από του στόματος δοκιμασία ανοχής στη γλυκόζη ή έναν υπερινσουλιναιμικό–ευγλυκαιμικό σφινγκτήρα, έχει ως αποτέλεσμα σημαντική εξασθένηση της διαμεσολαβούμενης από την ινσουλίνη διάθεσης γλυκόζης και της αποθήκευσης υδατανθράκων. Παρόλο που η κατανάλωση καφεΐνης ασκεί αρνητική επίδραση στη διάθεση γλυκόζης στους σκελετικούς μυς σε ανθρώπους σε κατάσταση ηρεμίας, η άσκηση φαίνεται να μειώνει αυτές τις επιδράσεις. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η συγχορήγηση καφεΐνης με υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια άσκησης αύξησε την παροχή γλυκόζης στον μυ και την οξείδωση (Yeo et al. 2005). Εάν η καφεΐνη μπορεί να αυξήσει την παροχή γλυκόζης κατά τη διάρκεια της άσκησης, μπορεί να κάνει το ίδιο και μετά την άσκηση, γεγονός που θα μπορούσε να αυξήσει τη σύνθεση μυϊκού γλυκογόνου. Σε μια μελέτη των Pedersen και συνεργατών (2008), η καφεΐνη προστέθηκε σε ένα ποτό υδατανθράκων και χορηγήθηκε σε συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια μιας 4ωρης περιόδου αποκατάστασης από έντονη άσκηση εξάντλησης του γλυκογόνου. Η αποκατάσταση του γλυκογόνου ήταν μεγαλύτερη με την καφεΐνη. Μια μελέτη παρακολούθησης από τους Beelen και συνεργάτες (2009) έδειξε ότι η ταυτόχρονη κατανάλωση καφεΐνης δεν επιταχύνει περαιτέρω τη σύνθεση μυϊκού γλυκογόνου μετά την άσκηση όταν προσλαμβάνονται άφθονες ποσότητες υδατανθράκων (1,2 g ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ώρα). Αν και τα στοιχεία είναι λίγα, αυτά τα αρχικά αποτελέσματα φαίνονται ελπιδοφόρα.

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ



Αμέσως(0-4 ώρες) μετά την άσκηση	1,0 έως 1,2 g υδατανθράκων ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ώρα, που προσλαμβάνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα
Χαμηλής έντασης δραστηριότητες ή δραστηριότητες που βασίζονται σε δεξιότητες	3 έως 5 g υδατανθράκων ανά κιλό σωματικού βάρους την ημέρα
Πρόγραμμα μέτριας άσκησης (π.χ. 1 ώρα/ημέρα)	5 έως 7 g υδατανθράκων ανά κιλό σωματικού βάρους την ημέρα
Πρόγραμμα αντοχής (δηλαδή μέτριας έως υψηλής έντασης άσκηση 1-3 ώρες/ημέρα)	6 έως 10 g υδατάνθρακες ανά κιλό σωματικού βάρους την ημέρα
Ακραία δέσμευση (δηλαδή, μέτριας έως υψηλής έντασης άσκηση >4-5 ώρες/ημέρα)	10 έως 12 g υδατανθράκων ανά κιλό σωματικού βάρους την ημέρα

Αυτές οι γενικές συστάσεις θα πρέπει να προσαρμόζονται με βάση τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες, τις ειδικές προπονητικές ανάγκες και την ανατροφοδότηση από την προπονητική απόδοση. Ο χρόνος πρόσληψης μπορεί να επιλεγεί για την προώθηση του γρήγορου ανεφοδιασμού με καύσιμα ή για την παροχή καυσίμων κατά τη διάρκεια των προπονήσεων μέσα στην ημέρα. Διαφορετικά, εφόσον καλύπτονται οι συνολικές ανάγκες σε ενέργεια, το πλάνο της πρόσληψης μπορεί να καθοδηγείται από την ευκολία και την προσωπική επιλογή. Υδατανθρακούχες τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες και θρεπτικά συστατικά ή συνδυασμοί γευμάτων θα επιτρέψουν στον αθλητή να καλύψει άλλους οξείς ή χρόνιους στόχους αθλητικής διατροφής.

Βασικά Σημεία 1

- Το μυϊκό γλυκογόνο είναι μια άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας για τον ασκούμενο μυ. Σε κατάσταση ηρεμίας, η περιεκτικότητα σε γλυκογόνο των σκελετικών μυών είναι περίπου 65-90 mmol γλυκοζυλικών μονάδων/kg w.w., δηλαδή περίπου 300 έως 600 g υδατανθράκων.
- Ο κύριος ρόλος του ηπατικού γλυκογόνου είναι να διατηρεί σταθερό το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα. Ένα μέσο ήπαρ ζυγίζει περίπου 1,5 kg και περίπου 80 έως 110 g γλυκογόνου αποθηκεύονται στο ήπαρ ενός ενήλικου ανθρώπου στη μετα-απορροφητική φάση.
- Σε συνθήκες ηρεμίας, η ηπατική απελευθέρωση γλυκόζης είναι περίπου 150 mg/min, εκ των οποίων το 60% προέρχεται από τη διάσπαση του ηπατικού γλυκογόνου και το 40% από τη γλυκονεογένεση. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η ηπατική απελευθέρωση γλυκόζης αυξάνεται δραματικά, έως και περίπου 1 g/min, και το μεγαλύτερο μέρος αυτής της γλυκόζης (>90%) προέρχεται από τη διάσπαση του ηπατικού γλυκογόνου.
- Το κλασικό πρωτόκολλο υπερπλήρωσης οδηγεί σε πολύ υψηλά αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου, αλλά μια ήπια προσέγγιση οδηγεί σε παρόμοια επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου χωρίς τα μειονεκτήματα του κλασικού πρωτοκόλλου· αυτό είναι και το προτιμώμενο πλάνο.
- Ο εγκέφαλος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση γλυκόζης ως καύσιμο. Καθώς οι συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα πέφτουν, μπορεί να αναπτυχθεί υπογλυκαιμία, η οποία έχει ως αποτέλεσμα ζάλη, ναυτία, κρύο ιδρώτα, μειωμένη πνευματική εγρήγορση και ικανότητα συγκέντρωσης, απώλεια κινητικών δεξιοτήτων, αυξημένο καρδιακό ρυθμό, υπερβολική πείνα και αποπροσανατολισμό.
- Ο πρωταρχικός ρόλος των υδατανθράκων κατά τις ημέρες που προηγούνται του αγώνα είναι η πλήρης αναπλήρωση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου.
- Η φόρτιση υδατανθράκων αυξάνει τον χρόνο μέχρι την εξάντληση (ικανότητα αντοχής) περίπου 20% κατά μέσο όρο και μειώνει τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας καθορισμένης δραστηριότητας (π.χ. δοκιμασία χρόνου, απόδοση στην αντοχή) κατά 2% έως 3%.

Βασικά Σημεία 2

Κατά τις 3 έως 5 ώρες πριν από την άσκηση, ορισμένοι υδατάνθρακες μπορεί να ενσωματωθούν στο μυϊκό γλυκογόνο, αλλά οι περισσότεροι θα αποθηκευτούν ως ηπατικό γλυκογόνο.

Η πρόσληψη υδατανθράκων τις ώρες πριν από την άσκηση οδηγεί σε παροδική πτώση της γλυκόζης πλάσματος με την έναρξη της άσκησης, αυξάνει την οξείδωση των υδατανθράκων και επιταχύνει τη διάσπαση του γλυκογόνου, καθώς επίσης έχει ως αποτέλεσμα τη μετρίαση της κινητοποίησης των λιπαρών οξέων και της οξείδωσης του λίπους.

Η χορήγηση υδατανθράκων κατά τη διάρκεια άσκησης περίπου 45 λεπτών ή περισσότερο, πιστεύεται ότι βελτιώνει την ικανότητα αντοχής και την απόδοση. Οι μηχανισμοί μπορεί να είναι η διατήρηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα και οι υψηλοί ρυθμοί οξείδωσης των υδατανθράκων, η εξοικονόμηση γλυκογόνου ή οι επιδράσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Κατά τη διάρκεια άσκησης μεταξύ 30 και 75 λεπτών, το ξέπλυμα του στόματος με διάλυμα υδατανθράκων μπορεί να έχει αποτελέσματα βελτίωσης της απόδοσης μέσω επιδράσεων στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Η οξείδωση των προσλαμβανόμενων υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης εξαρτάται από το είδος του υδατάνθρακα, την προσλαμβανόμενη ποσότητα και την ένταση της άσκησης, όμως ο μέγιστος ρυθμός οξείδωσης φαίνεται να είναι περίπου 1 g/min.

Βασικά Σημεία 3

Οι συστάσεις για την πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της άσκησης εξαρτώνται από τη διάρκεια της άσκησης και, σε κάποιο βαθμό, από την ένταση.

Οι πολλαπλοί μεταφερόμενοι υδατάνθρακες (π.χ. γλυκόζη και φρουκτόζη) σε ένα ποτό μπορούν να αυξήσουν τον ρυθμό οξείδωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Δύο φάσεις μπορούν να διακριθούν στη διαδικασία σύνθεσης γλυκογόνου μετά την άσκηση: η αρχική, ανεξάρτητη από την ινσουλίνη (ή ταχεία) φάση και η ινσουλινοεξαρτώμενη (ή αργή) φάση.

Η αποκατάσταση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου μετά την άσκηση μπορεί να εξαρτάται από τον χρόνο πρόσληψης υδατανθράκων, τον ρυθμό πρόσληψης υδατανθράκων, το είδος των υδατανθράκων που καταναλώνονται και την προσθήκη άλλων μακροθρεπτικών συστατικών (π.χ. πρωτεΐνη).

Ως γενική οδηγία, η συνιστώμενη πρόσληψη υδατανθράκων κατά τη διάρκεια περιόδων μέτριας προπονητικής έντασης είναι 5 έως 7 g ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ημέρα, και 7 έως 10 g ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ημέρα όταν η προπόνηση είναι αυξημένη. Για τους αθλητές αντοχής που συμμετέχουν σε ακραία προπονητικά προγράμματα, συνιστάται γενικά η αύξηση της πρόσληψης υδατανθράκων σε 10 έως 13 g ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ημέρα, κατά την καθημερινή άσκηση.

Βιβλιογραφία

- ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ, Asker Jeukendrup, Michael Gleeson. (3-8, 166-204)
- Adam Amawi et al. Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. Front. Nutr. (2024). 10:1331854. doi: 10.3389/fnut.2023.1331854
- https://www.gssiweb.org/sports-science-exchange/article/dietary-carbohydrate-and-the-endurance-athlete-contemporary-perspectives#articleTopic_2
- <https://www.usada.org/athletes/substances/nutrition/carbohydrates-the-master-fuel/#:~:text=Consuming%20carbohydrates%20during%20exercise%20lasting,of%20carbohydrates%20consumed%20does%20matter.\\>
- <https://www.usada.org/athletes/substances/nutrition/carbohydrates-the-master-fuel/#:~:text=Consuming%20carbohydrates%20during%20exercise%20lasting,of%20carbohydrates%20consumed%20does%20matter.>
- Asker Jeukendrup. A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. Sports Med. 2014; 44(Suppl 1): 25–33.
- Chad M Kerksick et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. J Int Soc Sports Nutr. 2017 Aug 29;14:33. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4.