



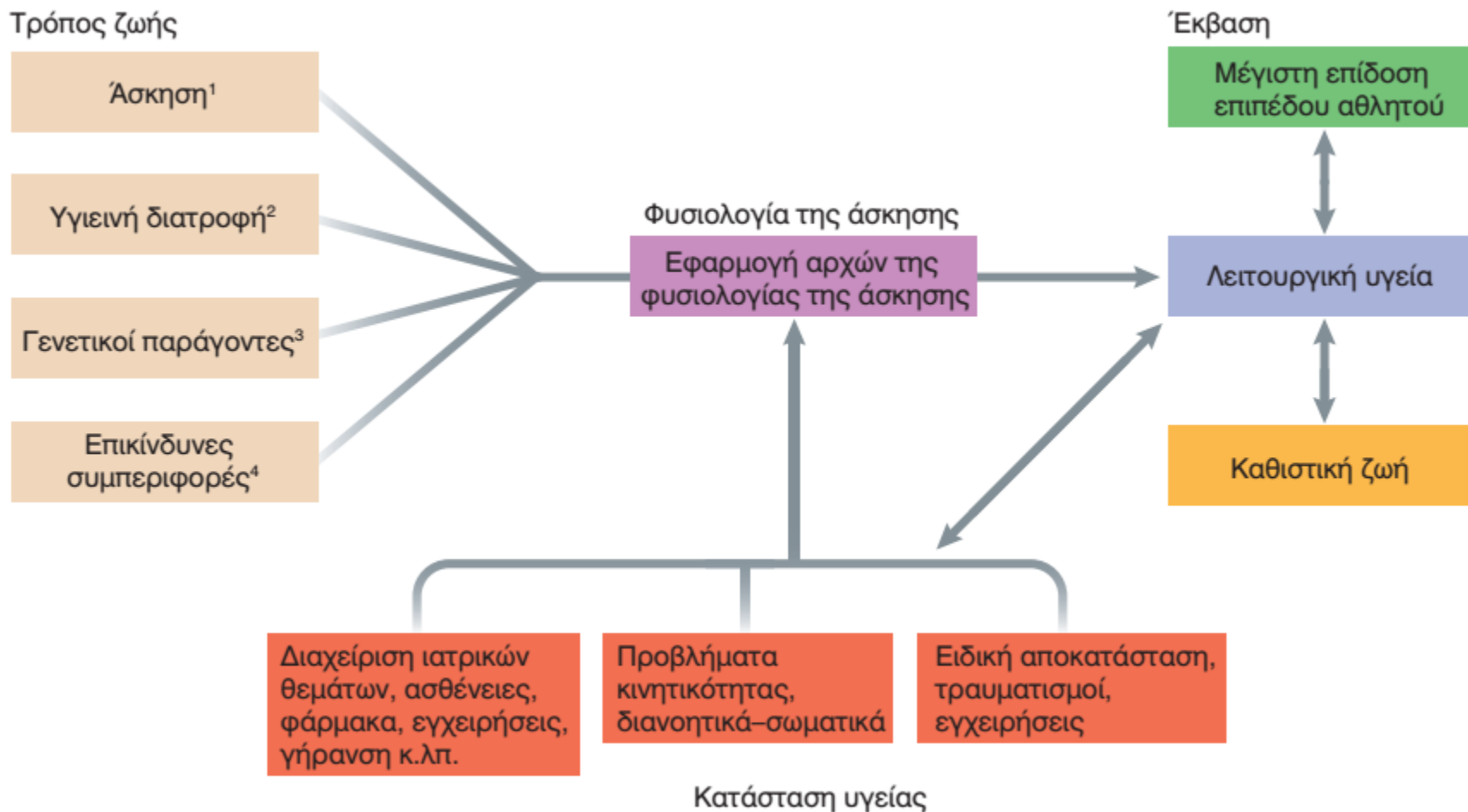
**ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**“ΚΑΡΔΙΟΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ”**

**“ Άσκηση και σακχαρώδης διαβήτης τύπου 1”**

**Αναστάσιος Φιλίππου, Ph.D.**  
**Καθηγητής**  
**Φυσιολογίας – Φυσιολογίας της Άσκησης**  
**Εργαστήριο Φυσιολογίας**

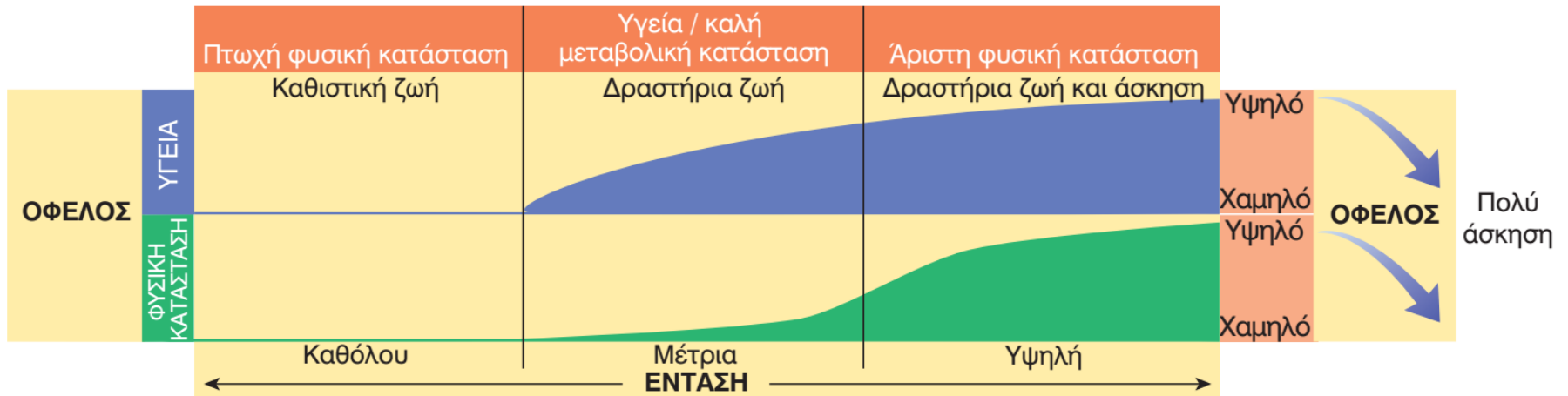
# Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επίτευξη και διατήρηση της υγείας



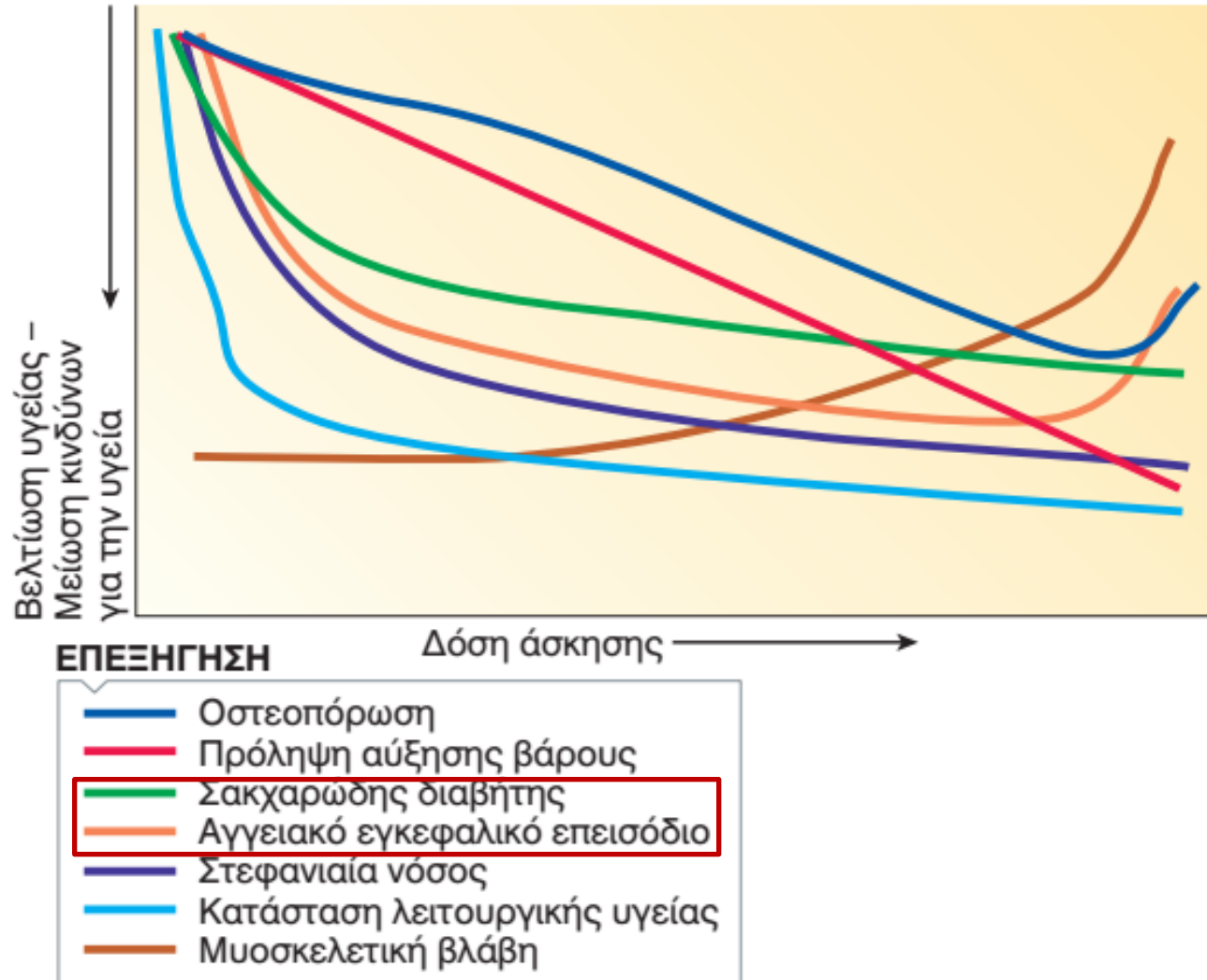
## Η άσκηση στη διεπιστημονική προσέγγιση της υγείας

Υγεία και φυσική κατάσταση	Ιατρικά θέματα	Αθλητικές επιδόσεις	Αποκατάσταση
Καθηγητής φυσικής αγωγής	Γιατρός	Προπονητής	Φυσικοθεραπευτής
Ειδικός σωματικής δραστηριότητας	Νοσηλεύτης	Αντιπρόσωπος αθλητικών ειδών	Γυμναστής αποκατάστασης τραυματισμών
Πυροσβέστης	Ερευνητής	Ειδικός στην εμβιομηχανική	Ειδικός αποκατάστασης
Αστυνομικός/ Στρατιωτικός	Διατροφολόγος	Ιδιοκτήτης αθλητικών εγκαταστάσεων	Εργοθεραπευτής
Προσωπικός γυμναστής	Σύμβουλος υγείας και ευεξίας	Σύμβουλος προγραμμάτων άσκησης	
	Κλινικός εργοφυσιολόγος		Εργοφυσιολόγος πρόληψης διαβήτη και παχυσαρκίας

# Κατάλληλη “δοσολογία” της άσκησης...

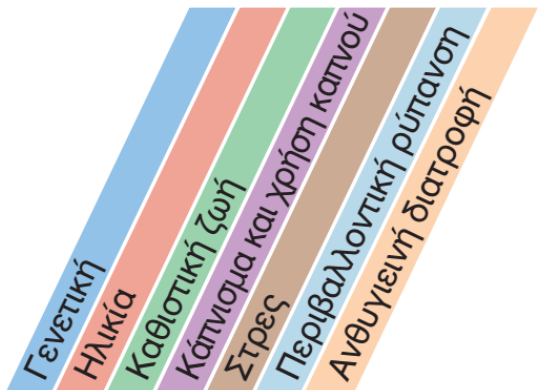


## Κατάλληλη “δοσολογία” της άσκησης...



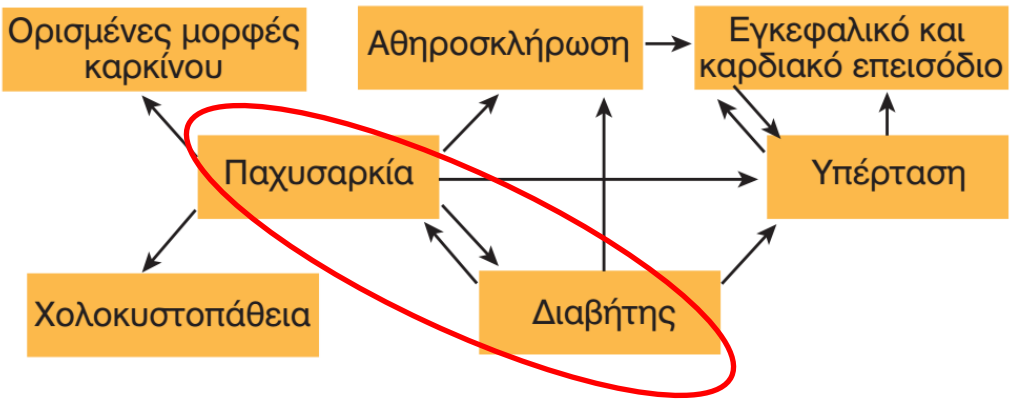
# Άσκηση, παράγοντες κινδύνου και χρόνια νοσήματα

Άλλοι παράγοντες κινδύνου



Χρόνια νοσήματα

Καρκίνος	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Υπέρταση	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Διαβήτης (τύπου 2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Οστεοπόρωση	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Αθηροσκλήρωση	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Παχυσαρκία	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Εγκεφαλικό επεισόδιο	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Μεταβολικό σύνδρομο	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



## Ασκησιογενές Ερέθισμα

Είδος  
Ένταση  
Διάρκεια  
Συχνότητα

## Οργανισμός

Γονότυπος  
Φαινότυπος  
Ηλικία, Φύλο

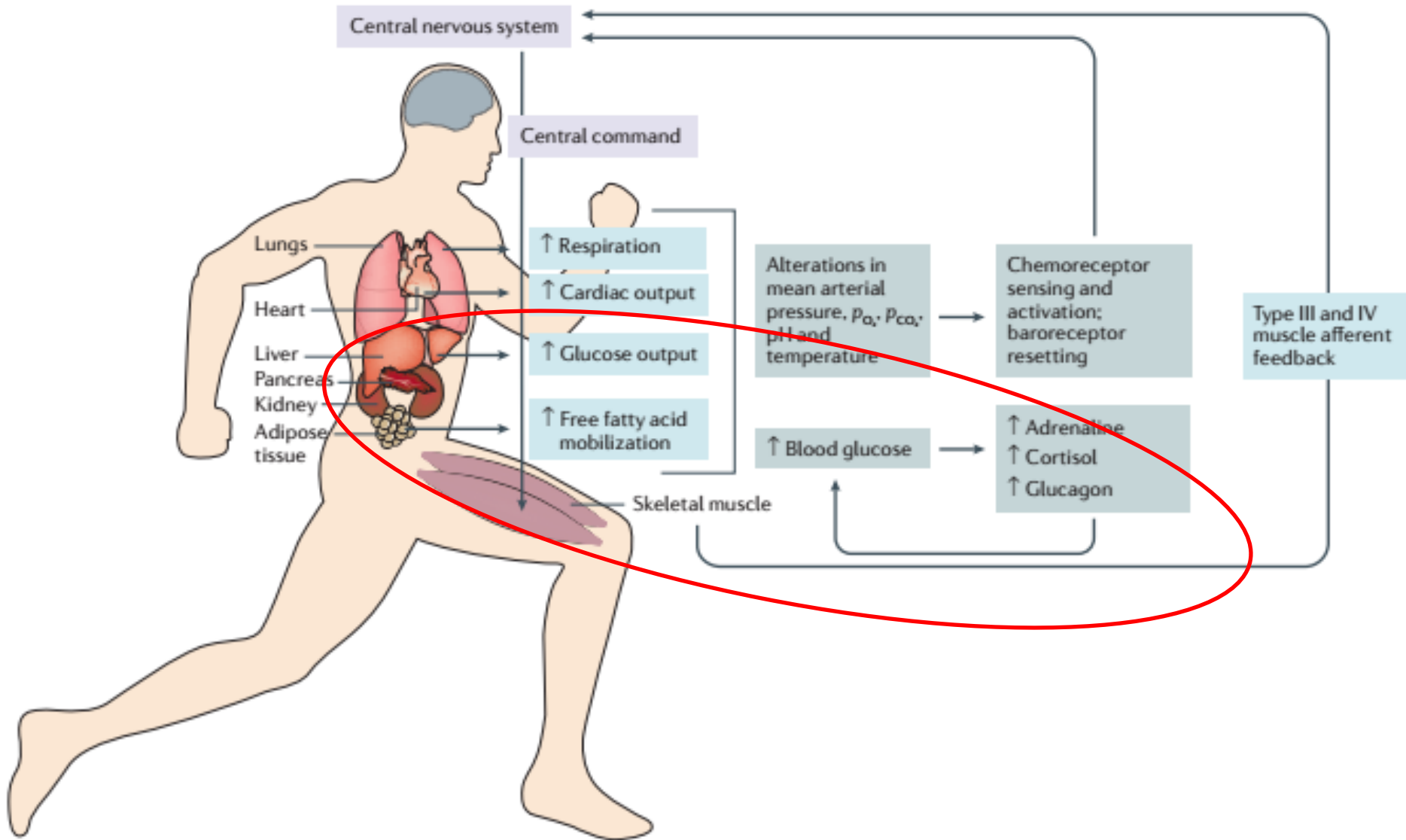
## Περιβάλλον

Υψόμετρο  
Θερμοκρασία  
Διατροφή

## Προσαρμογές

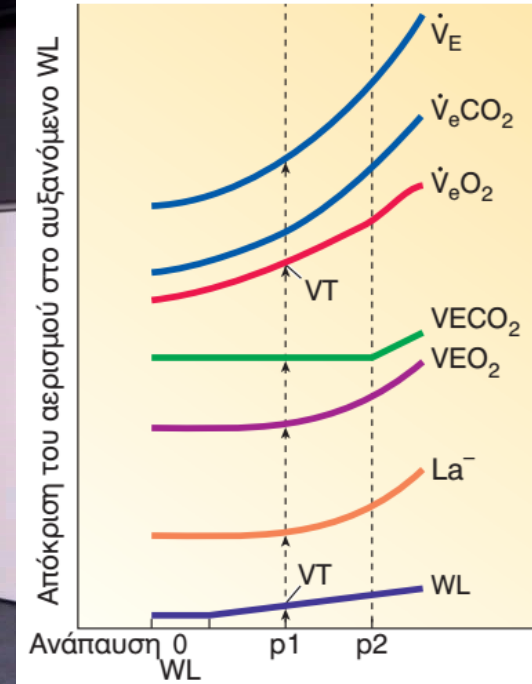
Μεταβολικές  
Νευρομυϊκές  
Καρδιοαναπνευστικές

# Integrated physiological response to acute exercise





# Παράμετροι, Μέθοδοι & Όργανα μέτρησης των ασκησιογενών αποκρίσεων



# Καρδιαγγειακή-Αναπνευστική σύζευξη κατά την άσκηση



Πνευμονικός  
αερισμός

Διάχυση

Κυκλοφορία  
αίματος

Διάχυση

Ενδο-  
κυτταρική  
αναπνοή

Σύστημα μεταφοράς  $O_2$

Σύστημα  
κατανάλωσης  $O_2$

$\dot{V}O_2 \max$

=

Μέγιστη καρδιακή  
παροχή

(X)

Μέγιστη  
αρτηριοφλεβική  
διαφορά  $O_2$

Καρδιακή  
συχνότητα

(X)

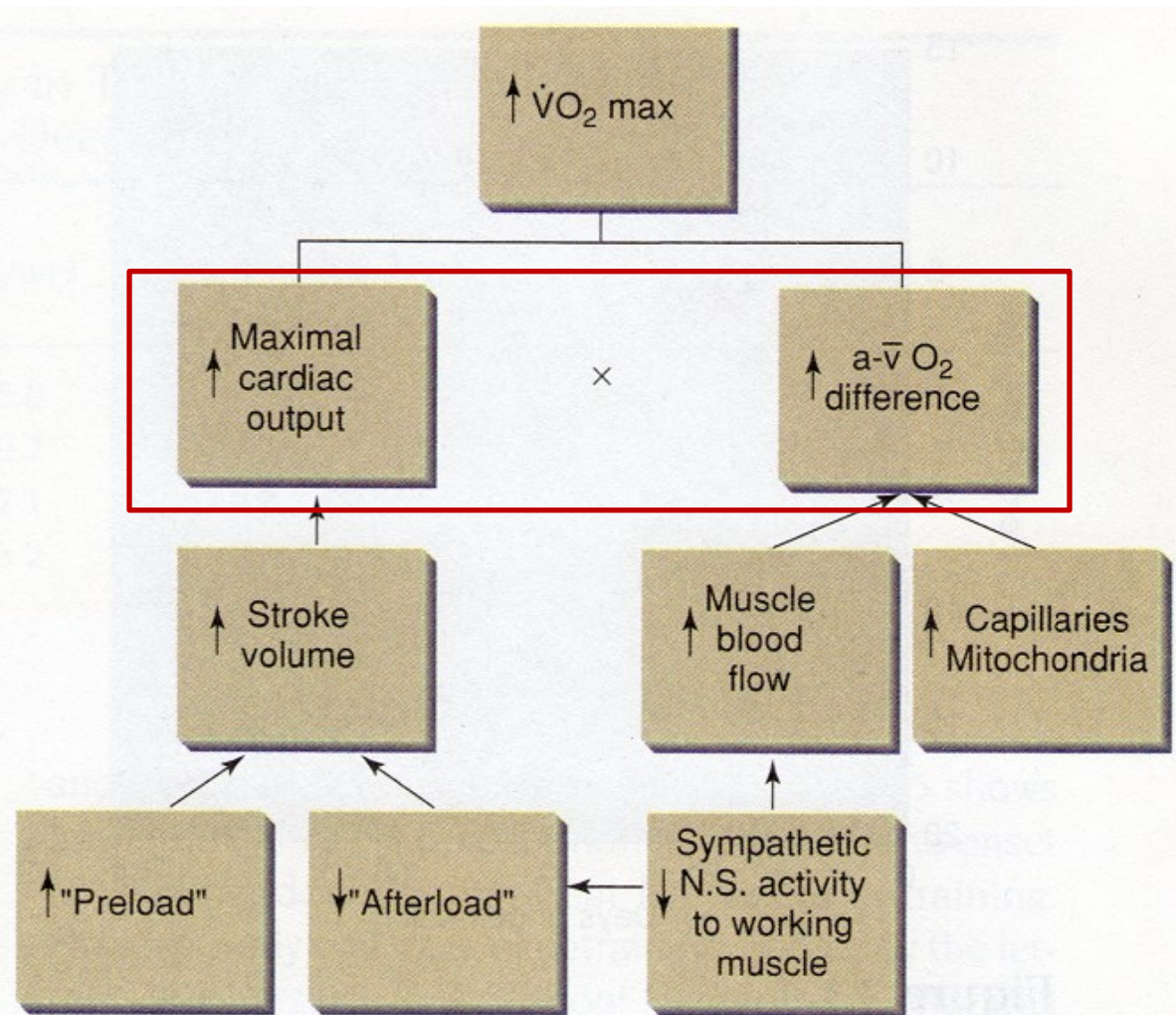
Όγκος  
παλμού

Αρτηριακό  
 $O_2$

(-)

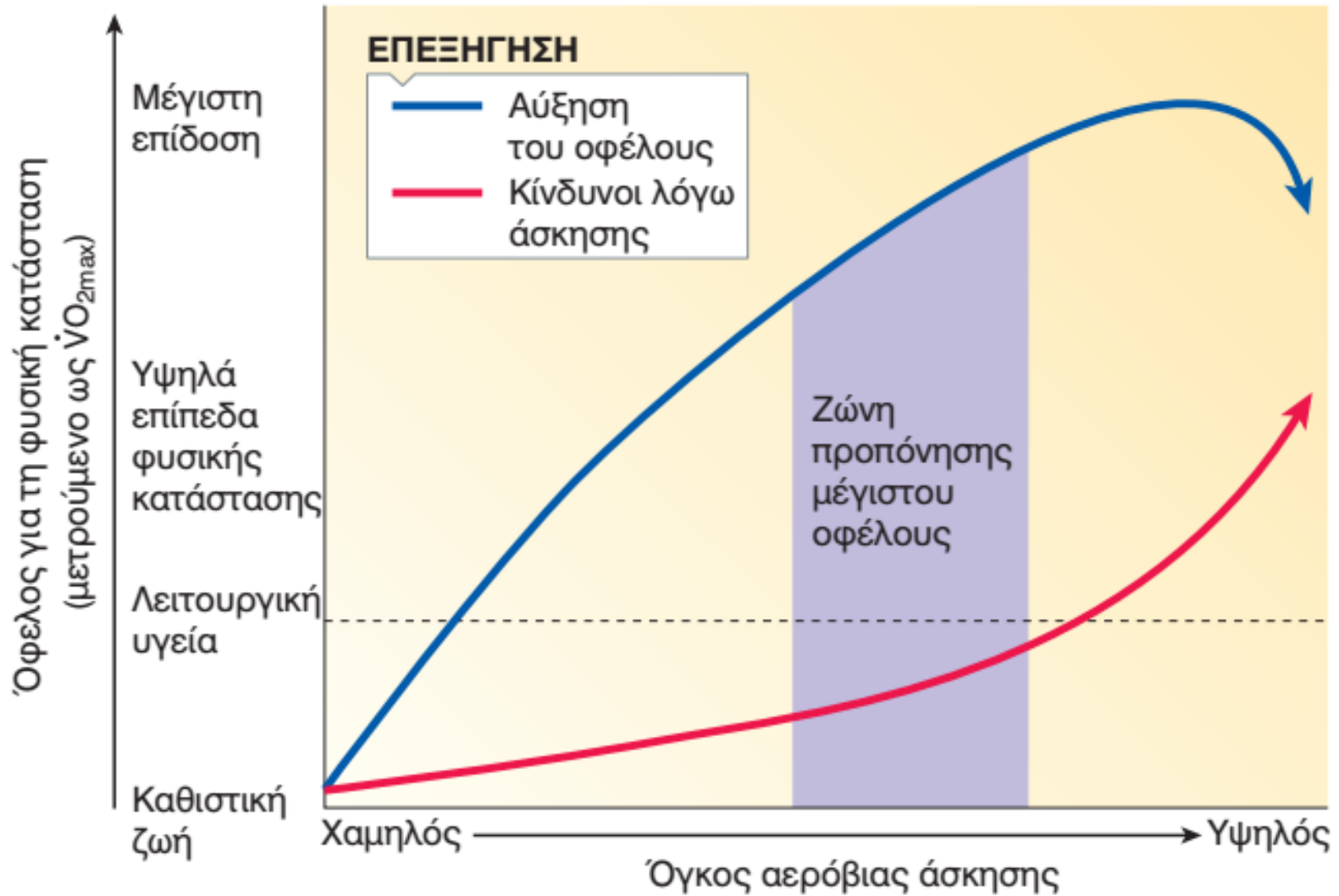
Φλεβικό  
 $O_2$

# Maximal oxygen consumption ( $\dot{V}O_2 \text{ max}$ )



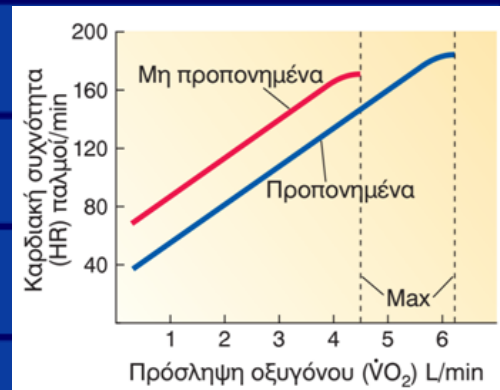
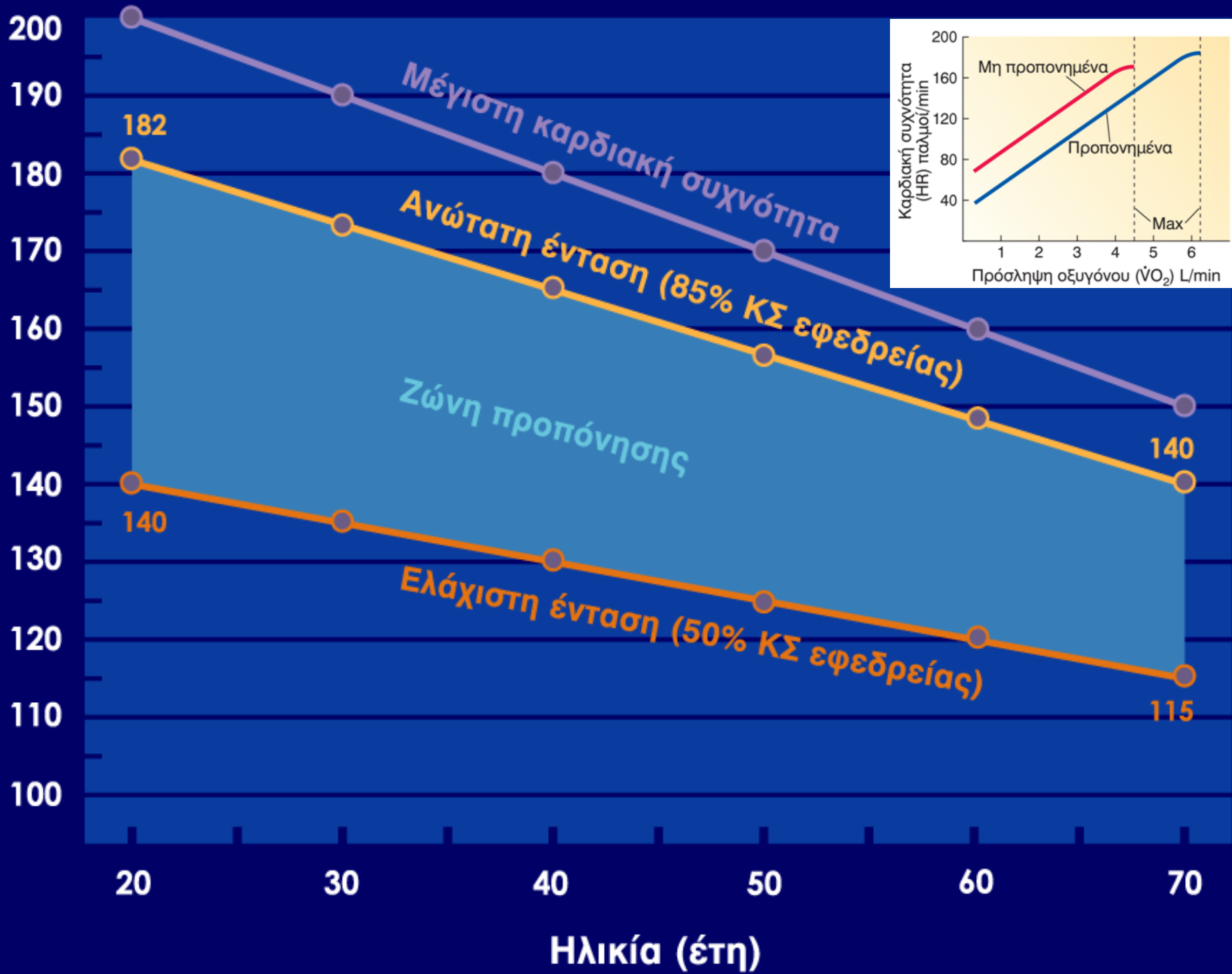
Summary of factors causing an increase in  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  with endurance training.

## Κατάλληλη “δοσολογία” της άσκησης...



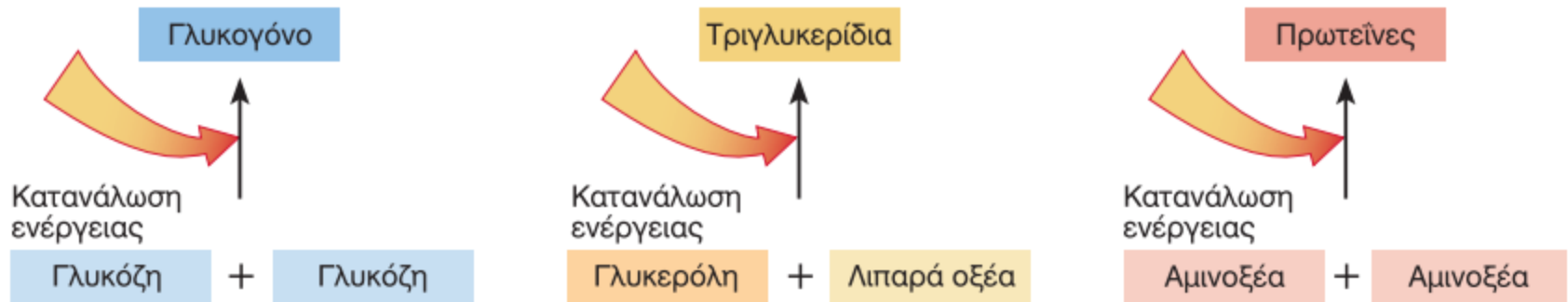


Καρδιακή συχνότητα(παλμοί·min<sup>-1</sup>)



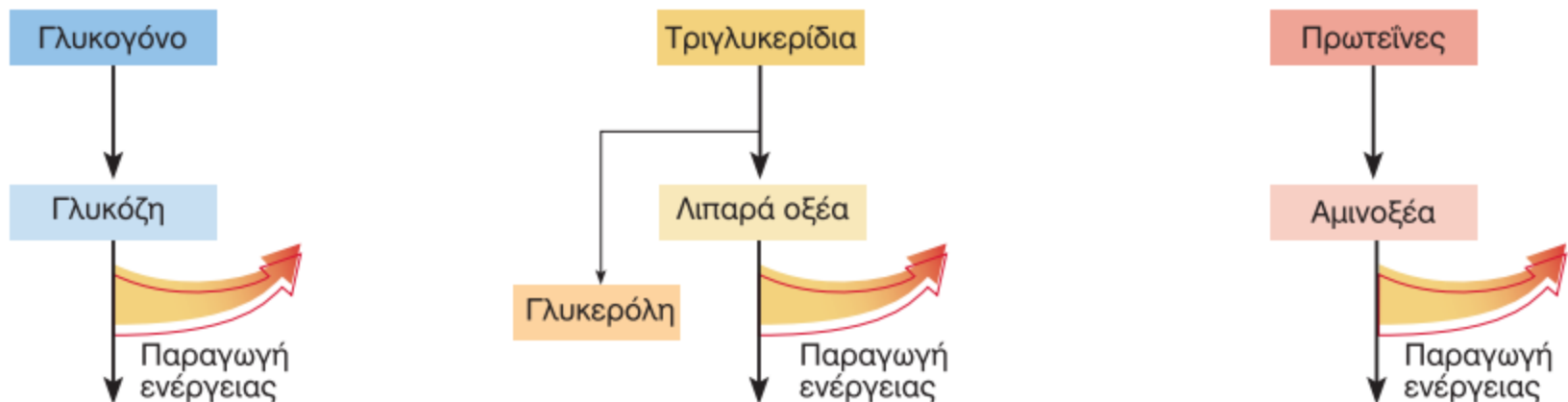
# Ενεργειακά υποστρώματα

## ΑΝΑΒΟΛΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

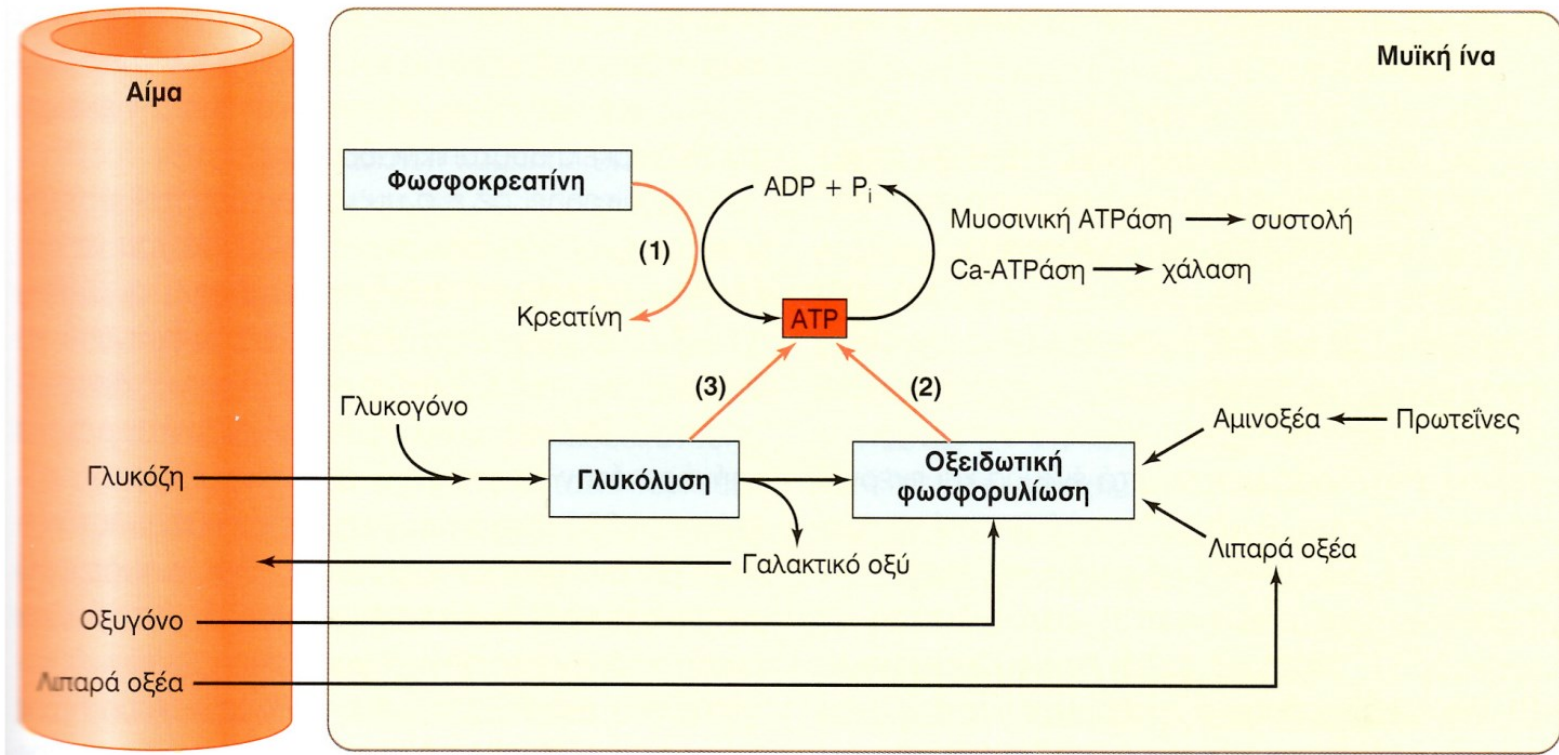


Οι αναβολικές αντιδράσεις περιλαμβάνουν τη σύνθεση γλυκογόνου, τριγλυκεριδίων και πρωτεϊνών. Στις αντιδράσεις αυτές καταναλώνονται διάφορες ποσότητες ενέργειας.

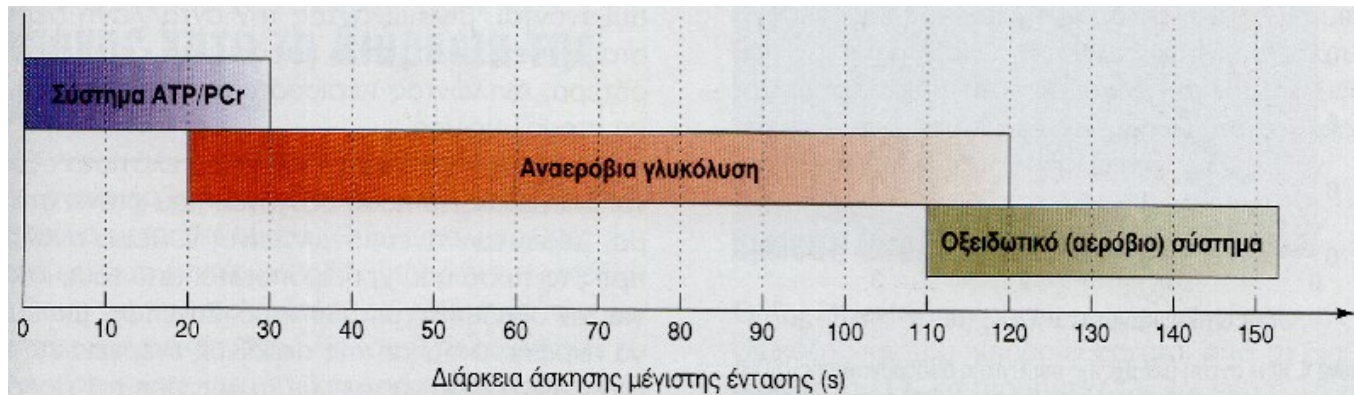
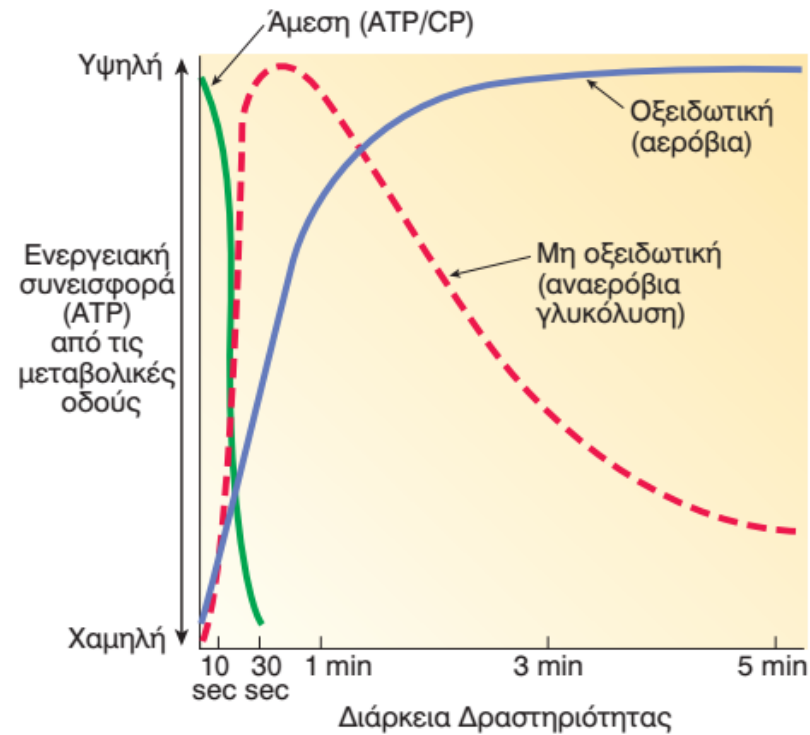
## ΚΑΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



# Πηγές παραγωγής ATP κατά τη μυϊκή συστολή



# Ενεργειακά συστήματα



Αλληλεπίδραση των ενεργειακών συστημάτων κατά την άσκηση μέγιστης έντασης αυξανόμενης διάρκειας.

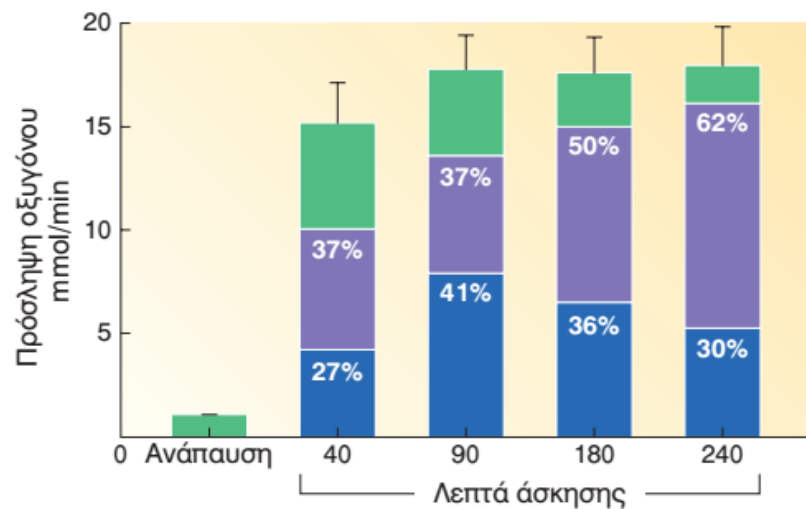
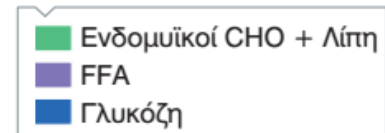


# Αρχές αξιοποίησης των ενεργειακών υποστρωμάτων κατά την άσκηση

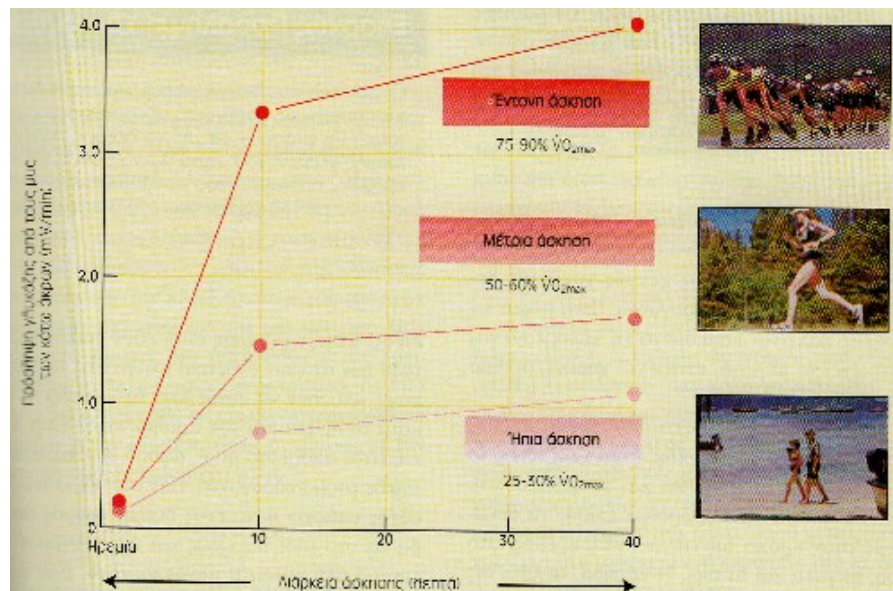
- ομοιόσταση γλυκόζης
- αποδοτικότερο υπόστρωμα
- εξοικονόμηση γλυκογόνου

Σχέση της χρήσης καυσίμων με τη διάρκεια της άσκησης

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ



Η σχετική συμμετοχή των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA) και της γλυκόζης αίματος στη συνολική πρόσληψη/κατανάλωση οξυγόνου από το ασκούμενο άκρο, όπως προσδιορίζεται με την τεχνική της αρτηριοφλεβικής διαφοράς.



## Η απόδοση του ενεργειακού μεταβολισμού των υδατανθράκων και ελεύθερων λιπαρών οξέων σε σχέση με την ένταση και διάρκεια της άσκησης

### Μεταβολική απόδοση

Οι υδατάνθρακες (CHO) προτιμώνται στην άσκηση υψηλής έντασης, επειδή ο μεταβολισμός τους αποδίδει περισσότερη ενέργεια ανά λίτρο  $O_2$  συγκριτικά με το μεταβολισμό των λιπών.

	kcal/L $O_2$
Αναερόβια γλυκόλυση	Παράγεται ενέργεια χωρίς να χρειάζεται $O_2$
Πλήρης οξείδωση των CHO	5,05
Οξείδωση λιπών	4,74

### Δυνατότητα Αποθήκευσης

Τα λίπη προτιμώνται στην παρατεταμένη άσκηση επειδή ο μεταβολισμός τους παρέχει περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα μάζας συγκριτικά με το μεταβολισμό των CHO.

	kcal/g καυσίμου
Οξείδωση των CHO	4,10
Οξείδωση λιπών	9,45

Τα λίπη αποθηκεύονται σε απουσία  $H_2O$ , γεγονός που βελτιώνει τη δυνατότητα αποθήκευσης.

# Ρύθμιση της γλυκόζης αίματος κατά την άσκηση: ο ρόλος της έντασης και της διάρκειας

Άσκηση ελαφριάς έως μέτριας έντασης  
διάρκεια < 90 λεπτά



Άσκηση υψηλής έντασης (π.χ. σπριντ)

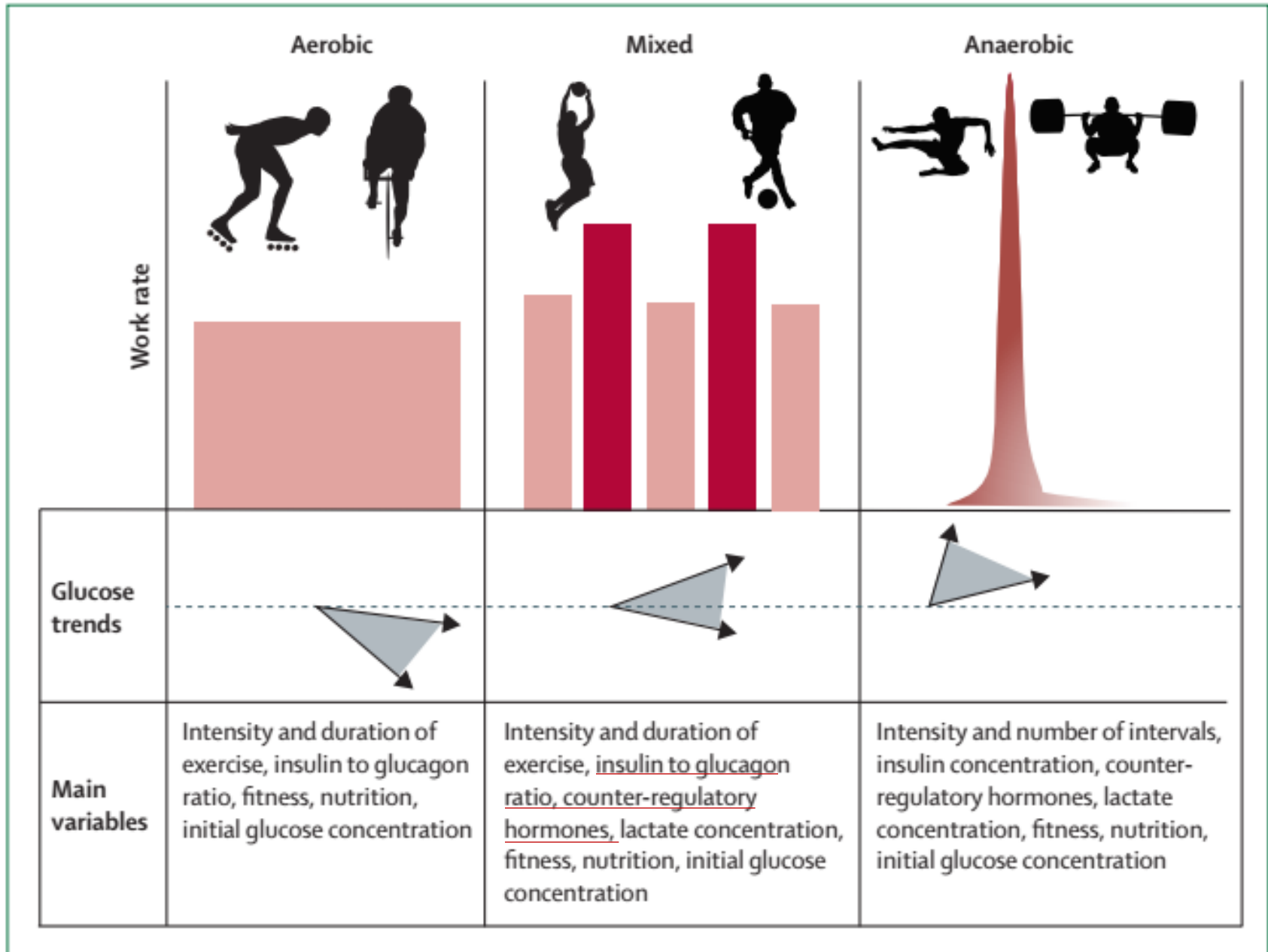


Παρατεταμένη άσκηση (π.χ. μαραθώνιος)



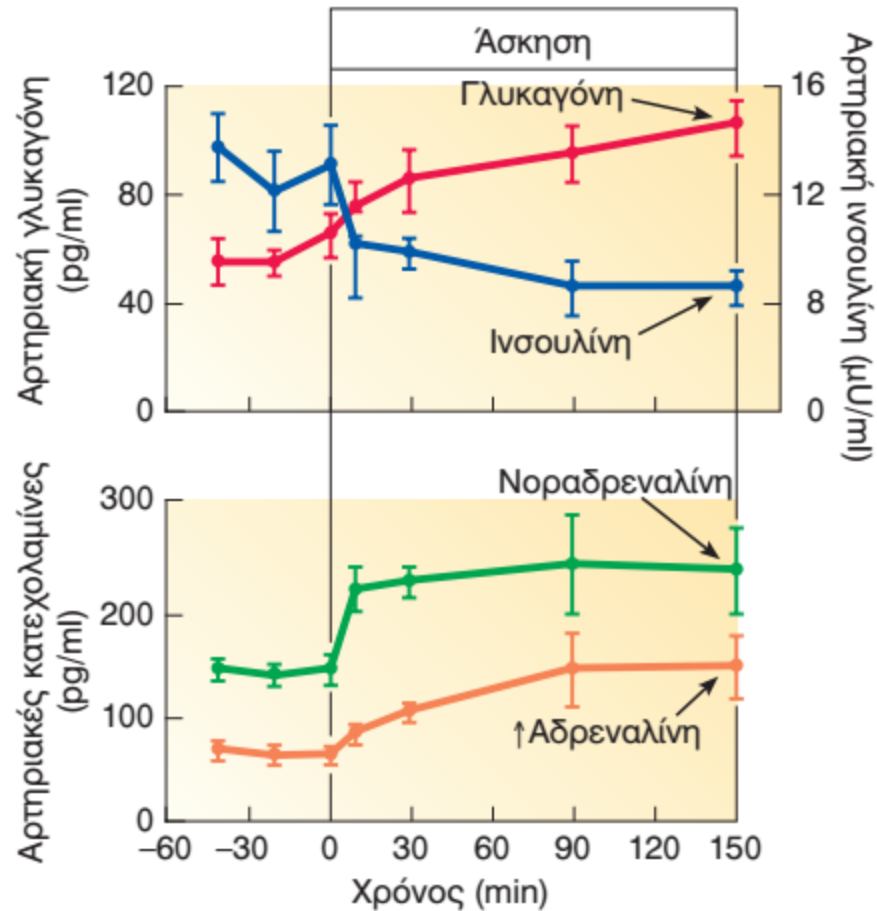
Η απελευθέρωση γλυκόζης από το ήπαρ στο αίμα, κανονικά αυξάνεται για να συμβαδίζει με την αύξηση της κατανάλωσης της γλυκόζης αίματος στους ασκούμενους μυς (επάνω). Ωστόσο, σε ακραίες συνθήκες άσκησης και σε ορισμένες νόσους, η ομοιόσταση της γλυκόζης του αίματος μπορεί να διαταραχθεί. Απόκριση της γλυκόζης αίματος σε άσκηση υψηλής έντασης (μέσον) και σε προχωρημένο στάδιο παρατεταμένης άσκησης (κάτω).

# Ρύθμιση της γλυκόζης αίματος κατά την άσκηση: ο ρόλος της έντασης και της διάρκειας



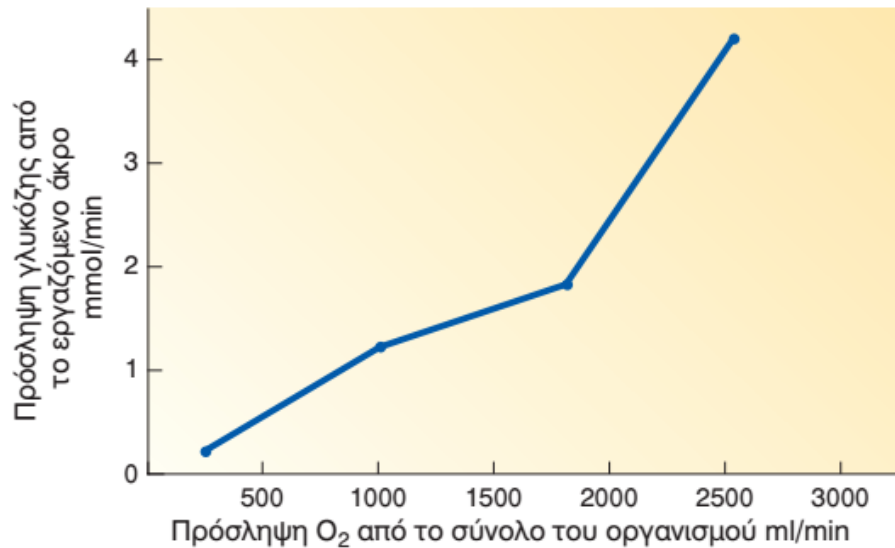
Variability in blood glucose responses to different forms of exercise in people with **type 1 diabetes**

## Αποκρίσεις σημαντικών γλυκορυθμιστικών ορμονών στην παρατεταμένη άσκηση μέτριας έντασης



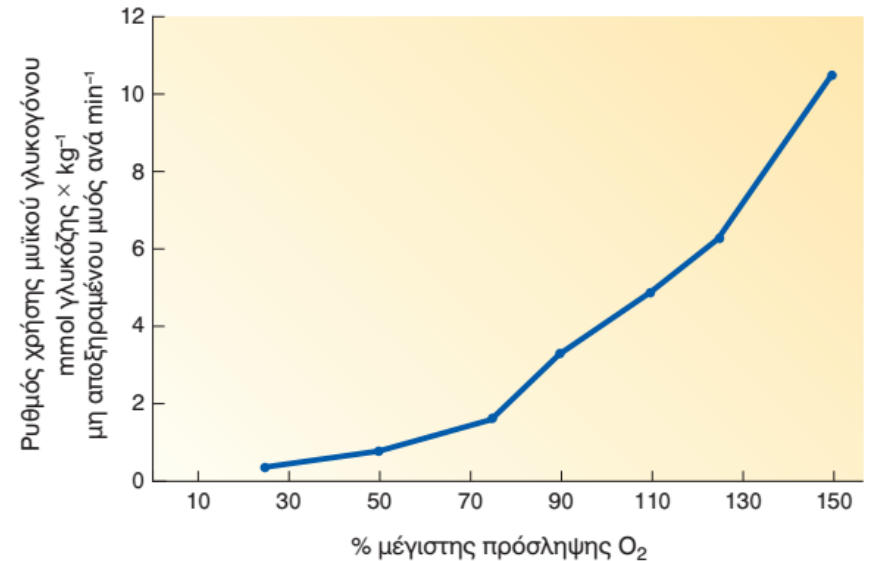
Τα επίπεδα ινσουλίνης πλάσματος μειώνονται σταδιακά, ενώ τα επίπεδα γλυκαγόνης, αδρεναλίνης και νοραδρεναλίνης αυξάνονται.

## Ο ρόλος της πρόσληψης γλυκόζης από τους μύς στην άσκηση αυξανόμενης έντασης



Ο ρυθμός πρόσληψης γλυκόζης από τους ασκούμενους μύς στην ποδηλασία αυξανόμενης έντασης, εκφρασμένος ως πρόσληψη οξυγόνου από το σύνολο του οργανισμού. Η πρόσληψη γλυκόζης στα κάτω άκρα μετρήθηκε με την τεχνική της αρτηριοφλεβικής διαφοράς.

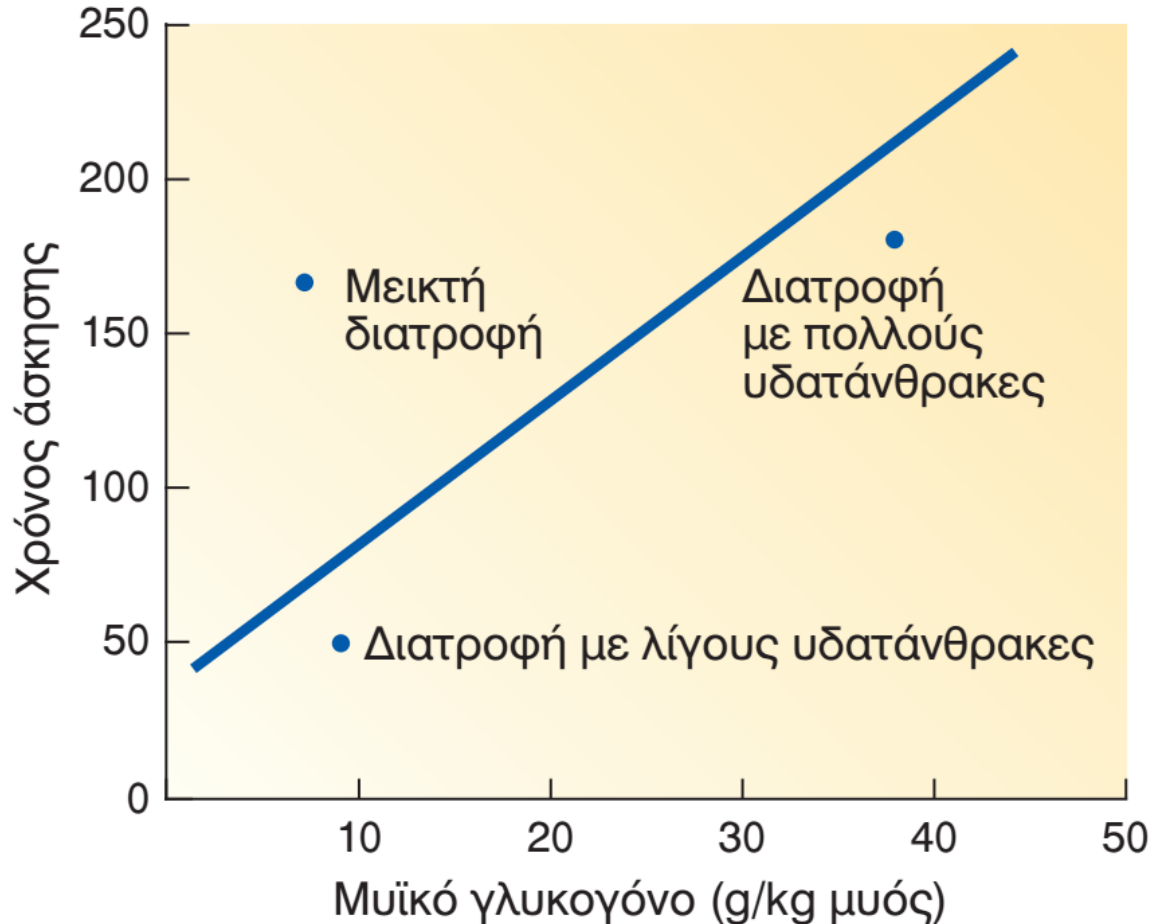
## Ο ρόλος του μυϊκού γλυκογόνου στην άσκηση αυξανόμενης έντασης



Ρυθμός χρήσης του μυϊκού γλυκογόνου σε άσκηση αυξανόμενης έντασης εκφρασμένος ως εκατοστιαίο ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Τα στοιχεία προήλθαν από μυϊκές βιοψίες του έξω πλατέος μηριαίου μύος από γυμνασμένα άτομα.



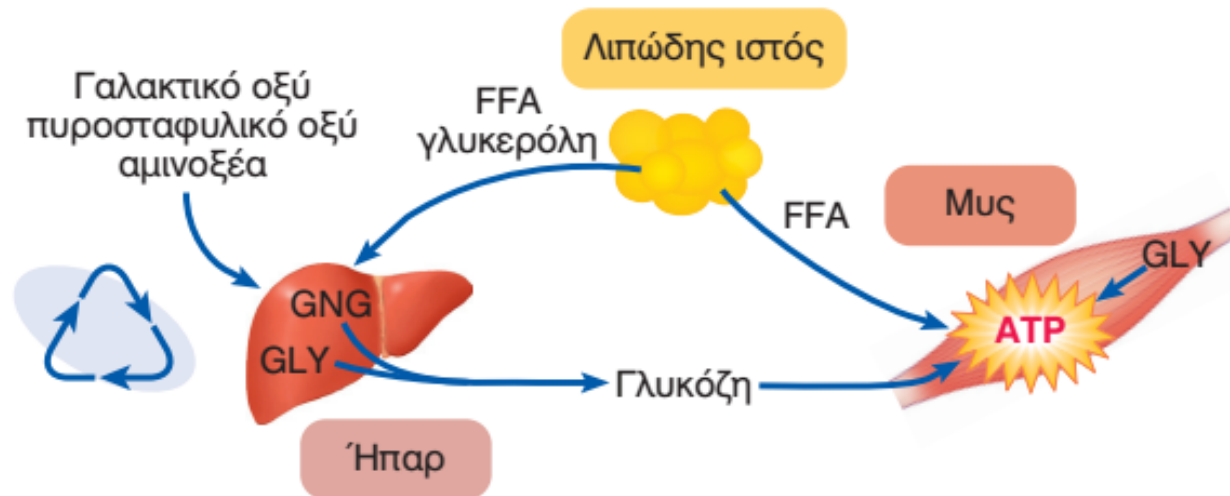
## Η σχέση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου με την αντοχή στην άσκηση



Υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στο μυϊκό γλυκογόνο πριν την άσκηση και το χρόνο που μεσολαβεί μέχρι τη σωματική εξουθένωση. Για μία εβδομάδα πριν την άσκηση, οι συμμετέχοντες υιοθέτησαν μία από τις παρακάτω δίαιτες: χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες/πλούσια σε λίπος, μεικτή διαίτα, υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες/πτωχή σε λίπος.  
(Τροποποιημένο από *Bergstrom J., L. Hermansen, E. Hultman, και B. Saltin, 1967*).

## Μεταβολικές οδοί για τη διατήρηση του μυϊκού γλυκογόνου

Κατά την παρατεταμένη άσκηση, χρησιμοποιούνται άλλα καύσιμα για να εξοικονομηθεί το γλυκογόνο καθυστερώντας έτσι τη σωματική εξουθένωση



Όσο αυξάνεται η διάρκεια της άσκησης:

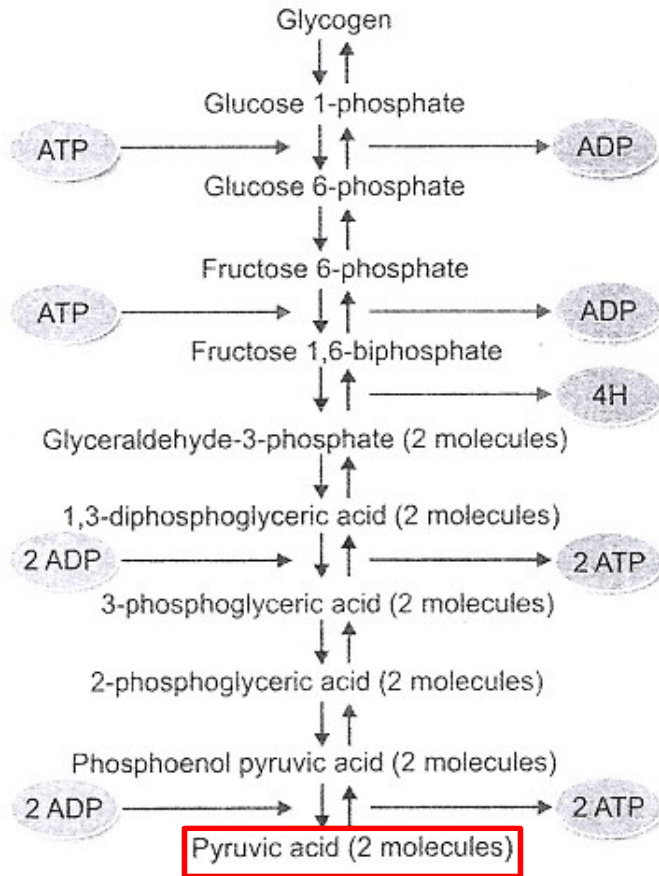
- Παράγεται περισσότερη ενέργεια από λίπη και λιγότερη από γλυκογόνο.
- Οι άνθρακες από τα αμινοξέα, τη γλυκερόλη, το γαλακτικό οξύ και το πυροσταφυλικό οξύ ανακυκλώνονται σε γλυκόζη.

ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη. GLY: Γλυκόζη. GNG: Γλυκονεογένεση



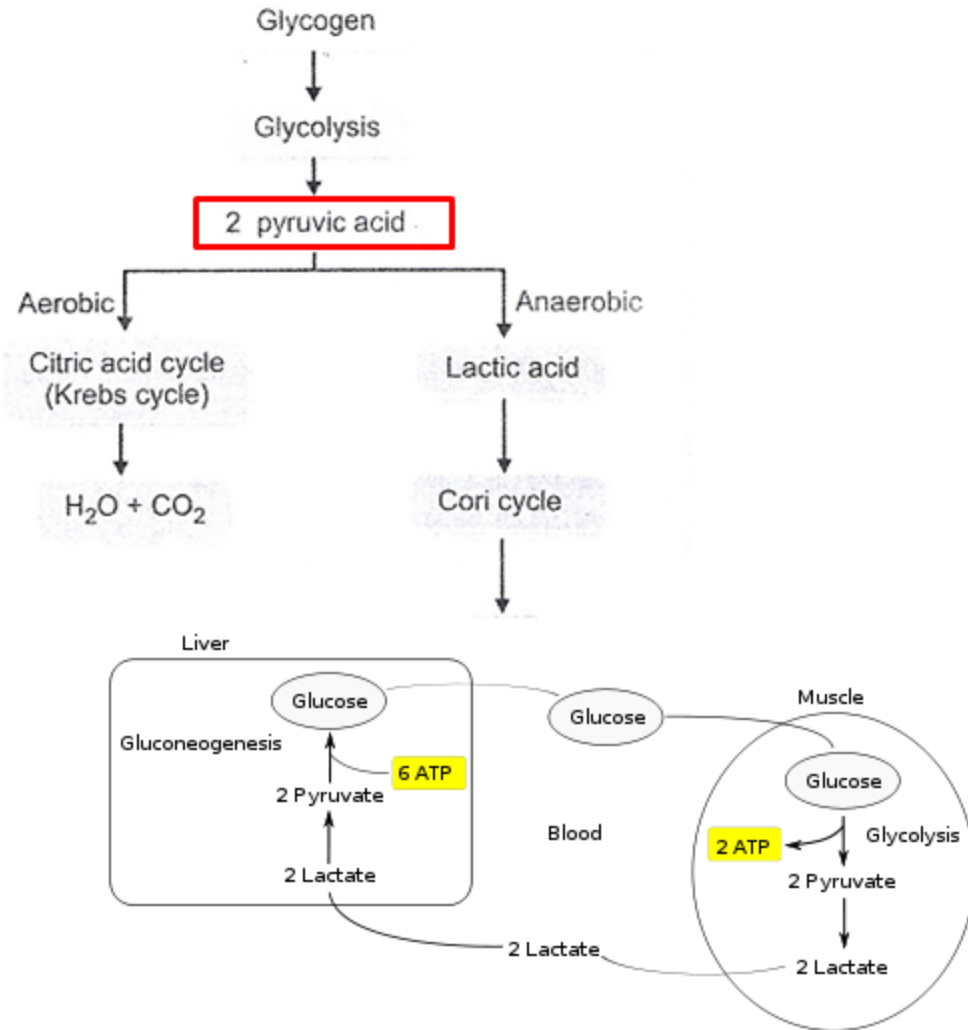
# Μεταβολισμός υδατανθράκων

Glycolysis/Embden-Meyerhof pathway



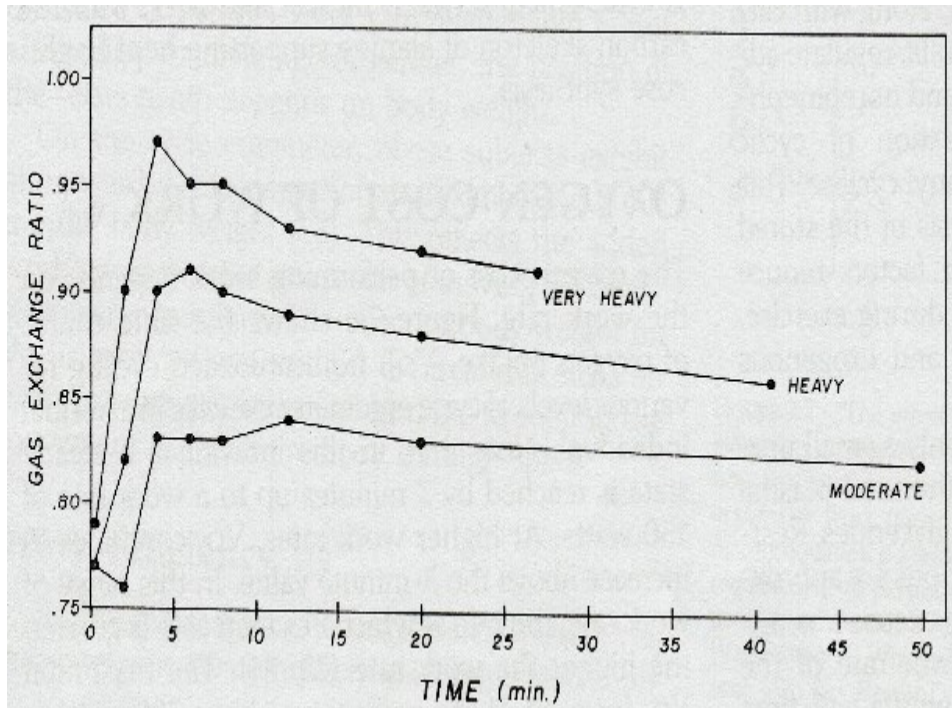
Number of ATP molecules formed in this pathway:  
 Total ATP formed = 4 molecules  
 Loss of ATP during phosphorylation = 2 molecules  
 Net ATP formed during glycolysis = 2 molecules

Schematic diagram showing carbohydrate metabolism in muscle



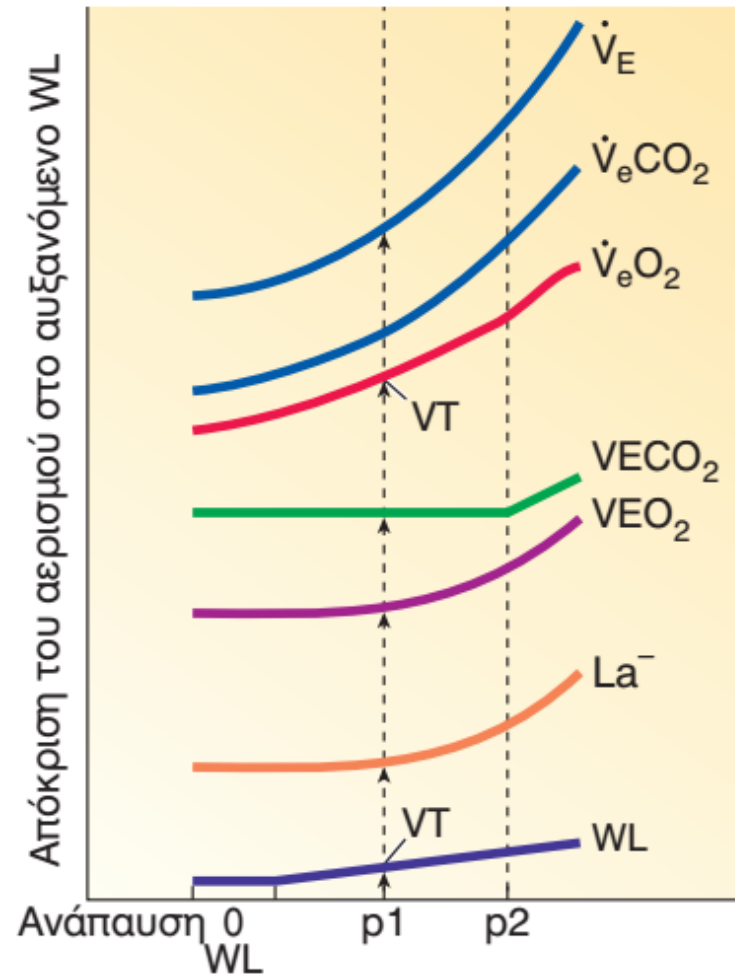
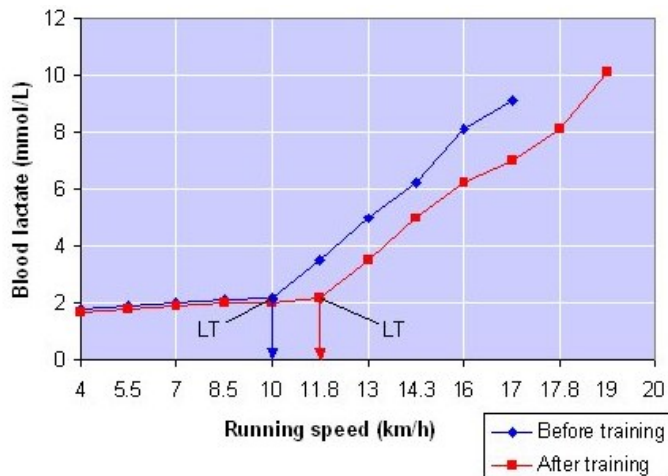
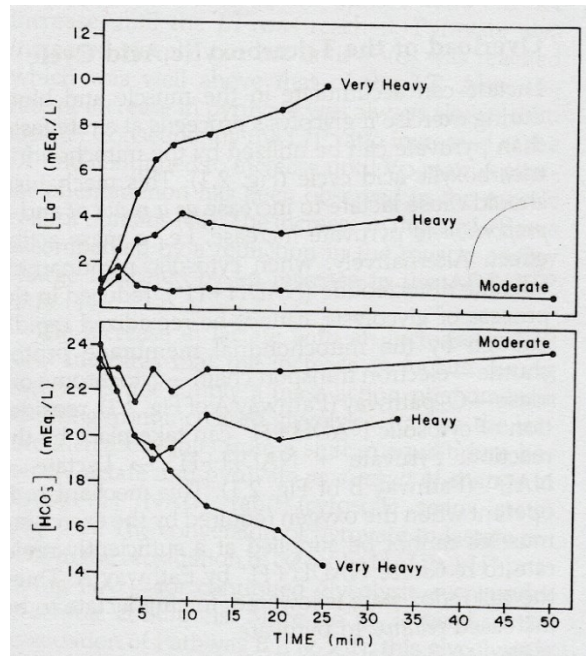
Συνεισφορά ενεργειακών υποστρωμάτων –  
Παραγόμενη ενέργεια ανά I/O<sub>2</sub>

Πηλίκο ανταλλαγής αερίων

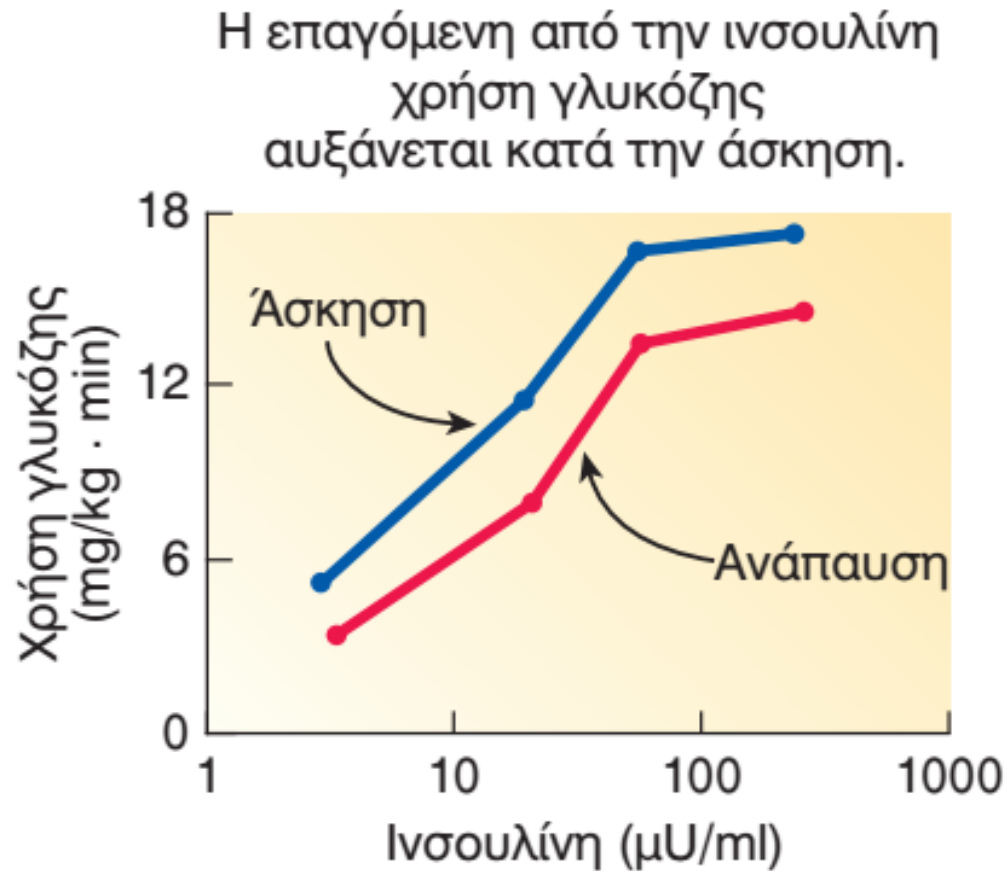


RER	kcal/I/O <sub>2</sub>	%CHO	%FAT
0,707	4,686	0%	100%
0,71	4,69	1%	99%
0,72	4,702	5%	95%
0,73	4,714	8%	92%
0,74	4,727	12%	88%
0,75	4,739	16%	84%
0,76	4,75	19%	81%
0,77	4,764	23%	77%
0,78	4,776	26%	74%
0,79	4,788	30%	70%
0,8	4,801	33%	67%
0,81	4,813	37%	63%
0,82	4,825	40%	60%
0,83	4,838	44%	56%
0,84	4,85	47%	53%
0,85	4,862	51%	49%
0,86	4,875	54%	46%
0,87	4,887	58%	43%
0,88	4,899	61%	39%
0,89	4,911	64%	36%
0,9	4,924	68%	33%
0,91	4,936	71%	29%
0,92	4,948	74%	26%
0,93	4,961	77%	23%
0,94	4,973	81%	19%
0,95	4,985	84%	16%
0,96	4,998	87%	13%
0,97	5,01	90%	10%
0,98	5,022	94%	6%
0,99	5,035	97%	3%
1	5,047	100%	0%

# Μυϊκή κόπωση - Ασκησιογενής οξέωση - Συστήματα εξουδετέρωσης

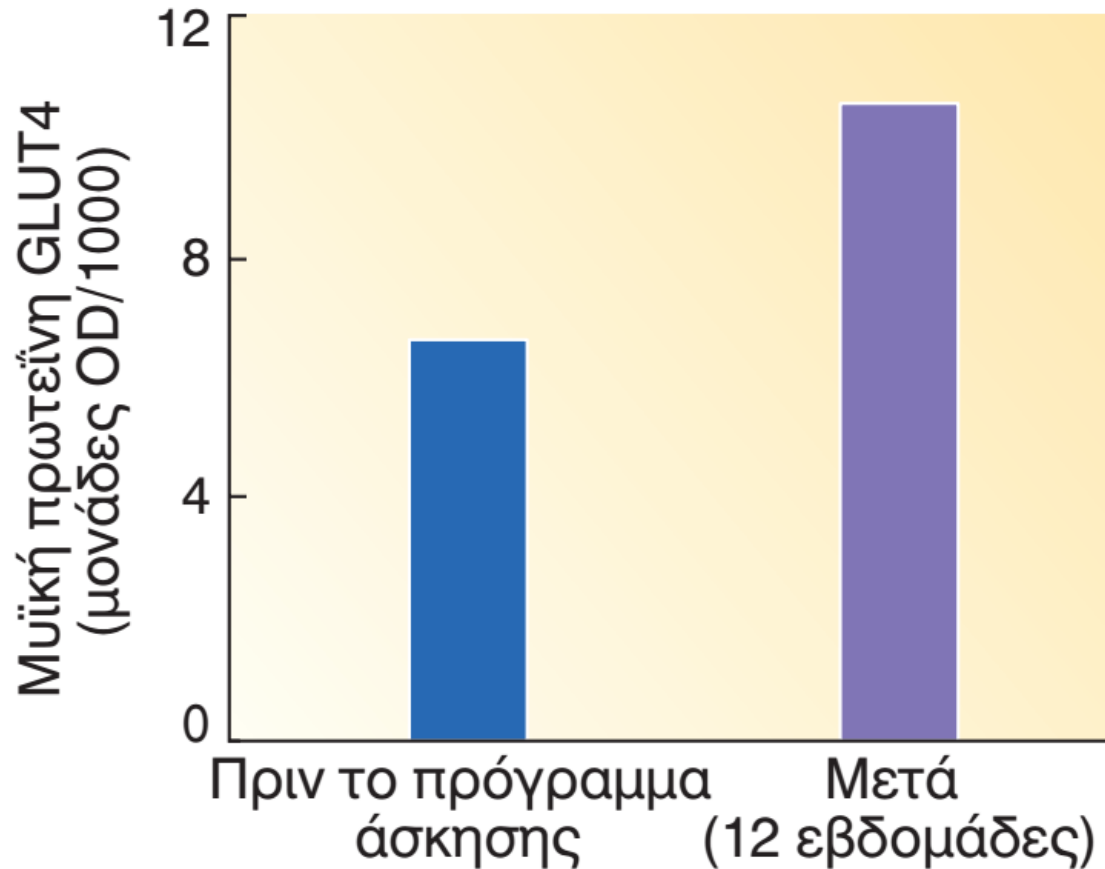


# Η δράση της ινσουλίνης ενισχύεται στη διάρκεια της άσκησης από την ίδια την άσκηση



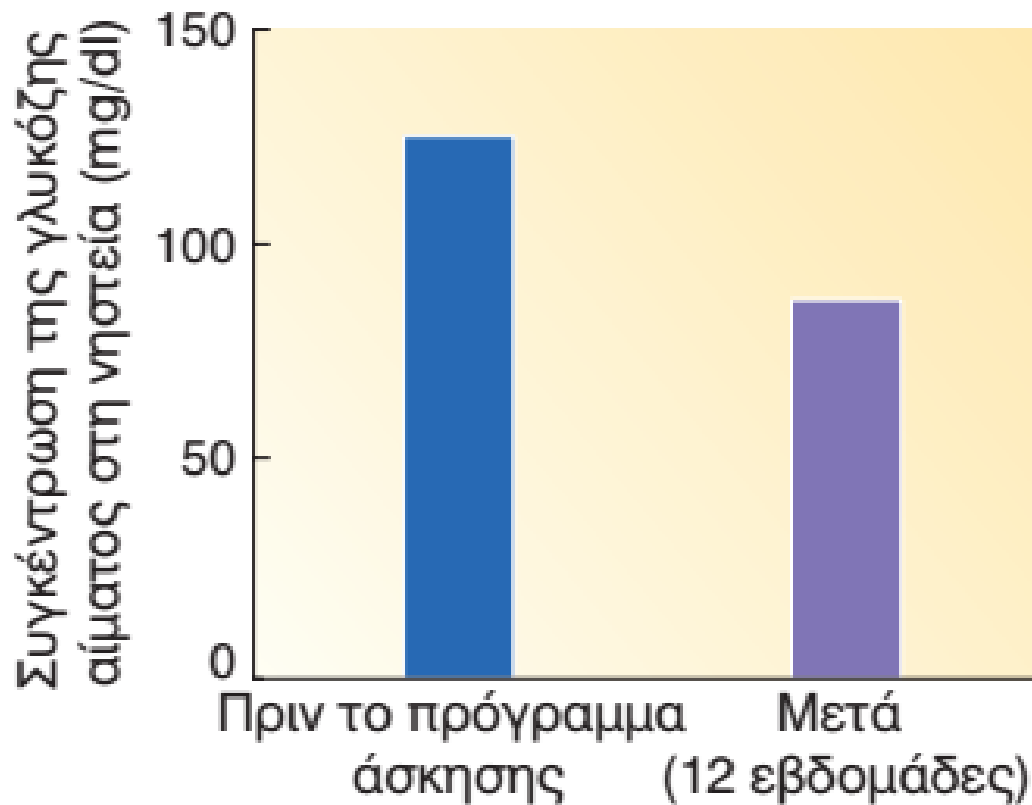
Η χρήση της γλυκόζης κατά την άσκηση σε συνάρτηση με τέσσερις διαφορετικές συγκεντρώσεις ινσουλίνης. Η άσκηση προκαλεί μία μετατόπιση της καμπύλης δόσης-απόκρισης προς τα αριστερά.

## Έκφραση του GLUT4 στους σκελετικούς μυς λόγω τακτικής σωματικής δραστηριότητας



Η έκφραση του GLUT4 στους προπονημένους μυς αυξάνεται μετά από πρόγραμμα άσκησης 12 εβδομάδων. Ο GLUT4 είναι μία πρωτεΐνη απαραίτητη προκειμένου να διεγείρει η ινσουλίνη την πρόσληψη γλυκόζης από τους σκελετικούς μυς.  
*OD, Οπτική πυκνότητα (Optical Density).*

## Η σχέση της σωματικής δραστηριότητας με τα επίπεδα γλυκόζης αίματος στη νηστεία



Ένα πρόγραμμα τακτικής άσκησης μπορεί να επιφέρει μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης και της γλυκόζης νηστείας σε άτομα με διαβήτη τύπου 2. Και οι δύο αυτές παράμετροι είναι δείκτες ελέγχου της γλυκόζης.



## Panel 1: Blood glucose concentrations before exercise commencement and recommended glucose management strategies

The carbohydrate intakes shown here aim to stabilise glycaemia at the start of exercise. Blood glucose at the start of exercise must also be viewed within a wider context. Factors to consider include directional trends in glucose and insulin concentrations, patient safety, and individual patient preferences based on experience. Carbohydrate intake will need to be higher if circulating insulin concentrations are high at the onset of exercise.

### Starting glycaemia below target (<5 mmol/L; <90 mg/dL)

- Ingest 10–20 g of glucose before starting exercise.
- Delay exercise until blood glucose is more than 5 mmol/L (>90 mg/dL) and monitor closely for hypoglycaemia.

### Starting glycaemia near target (5–6.9 mmol/L; 90–124 mg/dL)

- Ingest 10 g of glucose before starting aerobic exercise.
- Anaerobic exercise and high intensity interval training sessions can be started.

### Starting glycaemia at target levels (7–10 mmol/L; 126–180 mg/dL)

- Aerobic exercise can be started.
- Anaerobic exercise and high intensity interval training sessions can be started, but glucose concentrations could rise.

### Starting glycaemia slightly above target (10.1–15.0 mmol/L; 182–270 mg/dL)

- Aerobic exercise can be started.
- Anaerobic exercise can be started, but glucose concentrations could rise.

### Starting glycaemia above target (>15 mmol/L; >270 mg/dL)

- If the hyperglycaemia is unexplained (not associated with a recent meal), check blood ketones. If blood ketones are modestly elevated (up to 1.4 mmol/L), exercise should be restricted to a light intensity for only a brief duration (<30 min) and a small corrective insulin dose might be needed before starting exercise. If blood ketones are elevated ( $\geq 1.5$  mmol/L), exercise is contraindicated and glucose management should be initiated rapidly as per the advice of the health-care professional team.
- Mild to moderate aerobic exercise can be started if blood ketones are low (<0.6 mmol/L) or the urine ketone dipstick is less than 2+ (or <4.0 mmol/L). Blood glucose concentrations should be monitored during exercise to help detect whether glucose concentrations increase further. Intense exercise should be initiated only with caution as it could promote further hyperglycaemia.

## Panel 2: Factors to consider before adjustments are made for exercise in individuals with type 1 diabetes

### Subcutaneous insulin injection and its adjustments

- Differences in the site and depth of insulin injection affect absorption characteristics<sup>87,88</sup>
- Lipodystrophy can lead to increased fluctuation in blood glucose concentration and unpredictable hypoglycaemia
- Inadequate understanding of insulin pharmacokinetics often leads to inappropriate insulin adjustments, including excessive insulin corrections (stacking), which could be particularly dangerous after exercise
- Rapid-acting,<sup>30</sup> regular, and intermediate-acting,<sup>89,90</sup> but probably not long-acting,<sup>91</sup> insulin absorption rates are increased with exercise

### Carbohydrate intake

- Variation in carbohydrate quantity (including inaccuracy in measurement of intake) and type will affect glycaemic excursions<sup>92</sup>

### Self-monitoring of capillary blood glucose and continuous glucose monitoring

- Errors in self-monitored blood glucose sampling or measurement errors during self-monitoring or continuous glucose monitoring could result in inappropriate insulin dose estimations<sup>93,94</sup>
- Although the accuracy of continuous glucose monitoring is improving, it can be compromised by poor accuracy in self-monitoring and calibration methods<sup>95</sup>
- The lag time in continuous glucose monitoring could affect accuracy during exercise<sup>96,97</sup>

### Medications and alcohol

- Insulin sensitivity might be affected<sup>98</sup> as might glucose monitoring tools<sup>94</sup>

### Physiological cycles

- Diurnal endocrine variation, the menstrual cycle, and pregnancy affect insulin sensitivity and glycaemic patterns<sup>99</sup>

### Changes in work and sleep patterns

- Such changes require adjustments in the timing of basal insulin dose administration
- The timing of exercise should be considered relative to insulin sensitivity and the risk of nocturnal hypoglycaemia<sup>48</sup>

### Intercurrent illness and stress

- Intercurrent illness or stress might necessitate changes in both basal and bolus insulin dose<sup>100</sup>
- Vigorous exercise is contraindicated

	<b>Endurance exercise performance in athletes with and without diabetes</b>	<b>Hypoglycaemia prevention under low insulin conditions</b>	<b>Hypoglycaemia prevention under high insulin conditions</b>
Meal (low fat, low glycaemic index) consumed before exercise	A minimum of 1 g carbohydrate per kg bodyweight according to exercise intensity and type	A minimum of 1 g carbohydrate per kg bodyweight according to exercise intensity and type	A minimum of 1 g carbohydrate per kg bodyweight according to exercise intensity and type
Meal or snack consumed immediately before exercise (high glycaemic index)	No carbohydrate required for performance	If blood glucose concentration is less than 5 mmol/L (<90 mg/dL), ingest 10–20 g carbohydrate	If blood glucose concentration is less than 5 mmol/L (<90 mg/dL), ingest 20–30 g carbohydrate
Meal consumed after exercise	1.0–1.2 g carbohydrate per kg bodyweight	Follow sports nutrition guidelines to maximise recovery with appropriate insulin adjustment for glycaemic management	Follow sports nutrition guidelines to maximise recovery with appropriate insulin adjustment for glycaemic management
Exercise (up to 30 min duration)	No carbohydrate required for performance	If blood glucose concentration is less than 5 mmol/L (<90 mg/dL), ingest 10–20 g carbohydrate	Might require 15–30 g carbohydrate to prevent or treat hypoglycaemia
Exercise (30–60 min duration)	Small amounts of carbohydrate (10–15 g/h) could enhance performance	Low to moderate intensity exercise (aerobic): small amounts of carbohydrate (10–15 g/h) depending on exercise intensity and blood glucose concentration measured during the activity High intensity exercise (anaerobic): no carbohydrate required during exercise unless blood glucose concentration measured during the activity is less than 5 mmol/L (<90 mg/dL); if so, ingest 10–20 g carbohydrate; replace carbohydrate needs after exercise	Might require up to 15–30 g carbohydrate every 30 min to prevent hypoglycaemia
Exercise (60–150 min duration)	30–60 g carbohydrate per h	30–60 g carbohydrate per h to prevent hypoglycaemia and enhance performance	Up to 75 g carbohydrate per h to prevent hypoglycaemia and enhance performance*
Exercise (>150 min duration); mixture of carbohydrate sources	60–90 g carbohydrate per h spread across the activity (e.g. 20–30 g carbohydrate every 20 min) Use carbohydrate sources that use different gut transporters (eg, glucose and fructose)	Follow sports nutrition guidelines (60–90 g/h) with appropriate insulin adjustment for glycaemic management	Follow sports nutrition guidelines (60–90 g/h) with appropriate insulin adjustment for glycaemic management

These guidelines are based on published studies,<sup>59–61</sup> and on our own expert opinion. \*Carbohydrate consumption at a high rate might cause gastric upset in some individuals and might contribute to hyperglycaemia during and after the activity. To increase the rate of carbohydrate absorption during exercise, and maintain hydration status, sports beverages containing glucose and fructose might be preferable.

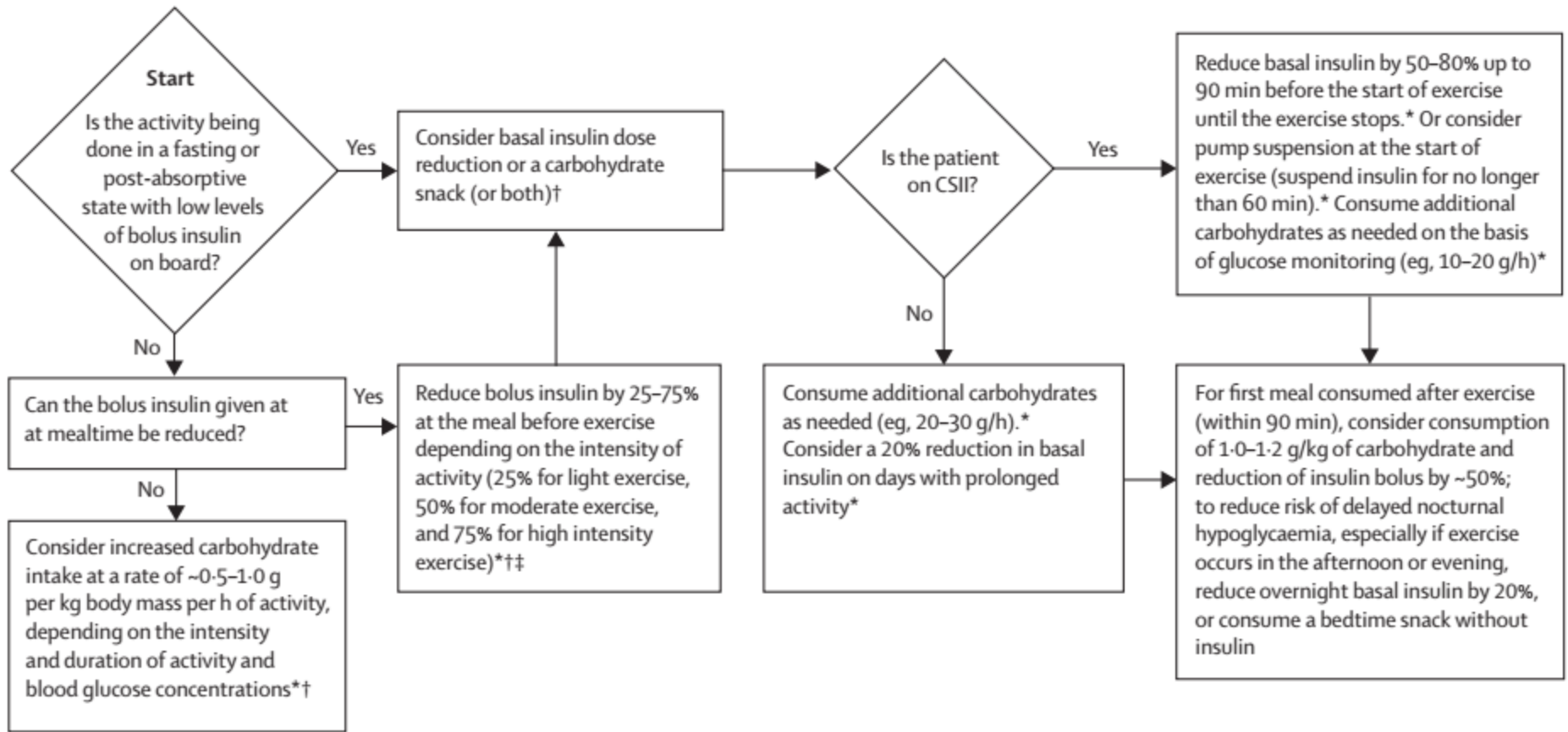
**Table 1: Carbohydrate requirements for endurance (aerobic) exercise performance and hypoglycaemia prevention**



	<b>Prolonged endurance exercise (predominantly aerobic)</b>	<b>Brief intense exercise (aerobic and anaerobic)</b>
Bolus insulin dose reduction at the meal before exercise	Advised when exercise occurs within ~120 min of bolus dose; the magnitude of reduction varies according to timing, type, duration, and intensity of exercise	Bolus reduction not advised; might require additional conservative bolus dose correction if hyperglycaemia develops
Before exercise, basal insulin dose reduction (of ~20%) in patients on multiple daily injections	Useful especially if exercise is done less than every 3 days or if the frequency of exercise is high throughout the day; might also be useful if patients are on twice daily intermediate insulin	Basal insulin dose reduction not advised
Basal nocturnal insulin dose reduction (of ~20%) after exercise in patients on multiple daily injections and continuous subcutaneous insulin infusion to reduce the risk of nocturnal hypoglycaemia	Particularly important if the exercise was done in the afternoon or early evening	Useful for helping to prevent hypoglycaemia after a high intensity interval training exercise session
Temporary basal rate change (continuous subcutaneous insulin infusion)	Basal rate can be reduced by up to 100% (ie, pump suspension) during exercise, however, keeping some basal insulin delivery is preferred; to take into account rapid acting insulin pharmacokinetics, a basal rate reduction should ideally occur well before exercise is started (up to 90 min); normal basal rates can be resumed either at the end of exercise, or later in recovery depending on glucose trends	Increased basal rate might be needed to help prevent or treat hyperglycaemia either during or immediately after exercise
Carbohydrate intake before exercise	See table 1 for details	Not usually needed
Carbohydrate intake during exercise	Typically up to 60 g/h if no insulin dose adjustments have been made (see table 1 for additional information)	Not usually needed
Carbohydrate intake after exercise	Useful to reduce the risk of hypoglycaemia and improve recovery; might need a specified bolus insulin dose depending on the length and intensity of exercise (eg, a reduced insulin to carbohydrate ratio)	Useful to reduce the risk of hypoglycaemia and enhance recovery but should be delayed if hyperglycaemia is initially observed; might need a specified bolus insulin strategy (eg, a reduced insulin to carbohydrate ratio)
Sprint before or after exercise (alternative or complementary approach not related to insulin or food intake)	Might help reduce the risk of hypoglycaemia	Might increase the risk of hyperglycaemia; consider a prolonged aerobic cool down

**Table 2: Therapeutic adjustment options (in insulin or food intake, or both) to minimise glycaemic excursions for prolonged aerobic exercise and brief high intensity aerobic and anaerobic exercise**

**Decision tree for aerobic exercise and mixed aerobic and anaerobic activities lasting 30 min or longer  
in people with type 1 diabetes**



CSII: continuous subcutaneous insulin infusion

	Exercise duration	
	30 min	60 min
Mild aerobic exercise (~25% $VO_2$ max)	-25%	-50%
Moderate aerobic exercise (~50% $VO_2$ max)	-50%	-75%
Heavy aerobic exercise (70–75% $VO_2$ max)	-75%	NA
Intense aerobic or anaerobic exercise (>80% $VO_2$ max)	No reduction recommended	NA

Our recommendations are based on published studies.<sup>52,56,75,101</sup> NA=not assessed, since exercise intensity is typically too high to be sustained for 60 min for most individuals.  $VO_2$ max=maximal oxygen consumption.

**Table 3: Suggested reduction in bolus insulin dose before exercise, based on intensity of exercise, for exercise started within 90 min of consumption of the meal**

# Πρόληψη υπογλυκαιμίας και υπεργλυκαιμίας κατά την άσκηση

## Πριν την άσκηση

1. Εκτίμηση έντασης, διάρκειας και ενεργειακών απαιτήσεων της άσκησης.
2. Λήψη ενός γεύματος 1-3 ώρες πριν την άσκηση.
3. Χορήγηση ινσουλίνης ανάλογα με τις αναμενόμενες ανάγκες.
  - a. Χορήγηση ινσουλίνης >1 ώρα πριν την άσκηση ούτως ώστε η κορύφωση της δράσης της ινσουλίνης να μην συμπίπτει με το χρονικό διάστημα της άσκησης.
  - β. Μείωση της δόσης ινσουλίνης για αντιστάθμιση της αυξημένης ινσουλινικής δράσης κατά την άσκηση.
4. Εκτίμηση μεταβολικού ελέγχου.
  - a. Αν η γλυκόζη αίματος είναι <5 mmol/L (90 mg/dl), μάλλον θα χρειαστούν επιπλέον θερμίδες πριν την άσκηση.
  - β. Αν η γλυκόζη αίματος είναι 5-15 mmol/L (90-270 mg/dl), μάλλον δεν θα χρειαστούν επιπλέον θερμίδες πριν την άσκηση.
  - γ. Αν η γλυκόζη αίματος είναι >15 mmol/L (270 mg/dl), συνιστάται αναβολή της άσκησης για αργότερα και μέτρηση κετονικών σωμάτων στα ούρα.
    - I. Αν τα κετονικά σώματα στα ούρα είναι αρνητικά, η άσκηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και δεν απαιτούνται επιπλέον θερμίδες.
    - II. Αν τα κετονικά σώματα στα ούρα είναι θετικά, συνιστάται λήψη ινσουλίνης και αναβολή της άσκησης μέχρι ότου εξαλειφθούν τα κετονικά σώματα.
5. Η ινσουλίνη δεν πρέπει να ενίεται στα ασκούμενα μέλη του σώματος.

## Κατά την άσκηση

1. Παρακολούθηση γλυκόζης αίματος αν η άσκηση διαρκεί πολύ.
2. Επαρκής αναπλήρωση της απώλειας υγρών.
3. Λήψη συμπληρωματικού γεύματος με υδατάνθρακες (30-40 g για ενήλικες, 15-25 g για παιδιά) ανά 30 λεπτά για παρατεταμένες περιόδους άσκησης, αν χρειάζεται.

## Μετά την άσκηση

1. Παρακολούθηση γλυκόζης αίματος, ακόμη και τη νύχτα, εάν η ποσότητα άσκησης ήταν μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη.
2. Προσαρμογή της δόσης ινσουλίνης ώστε να ελαττωθεί η άμεση και η όψιμη δράση της ινσουλίνης (τα σχήματα εντατικής ινσουλινοθεραπείας παρέχουν αυξημένη ευελιξία στη ρύθμιση των δόσεων ινσουλίνης).
3. Αύξηση προσλαμβανόμενων θερμίδων για 12 – 24 ώρες μετά την άσκηση, ανάλογα με την ένταση και την διάρκεια της άσκησης και με τον κίνδυνο υπογλυκαιμίας.



