

## ΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Τα μυϊκά κύτταρα για να μπορούν να εκπληρώνουν το έργο τους σε περιπτώσεις έντονης κίνησης, έχουν τη δυνατότητα αποταμίευσης ενέργειας και ουσιών. Αποταμιευτική ενέργεια είναι το ATP και η κρεατίνη φωσφορική και ουσίες που με τη διάσπασή τους ελευθερώνουν ενέργεια που είναι στο γλυκογόνο και τα τριγλυκερίδια. Το ATP και η κρεατίνη φωσφορική αποταμιεύονται σε ελάχιστα ποσά, αλλά είναι ταχύτερες στη δράση τους. Οι δύο αυτές μορφές ενέργειας αναπληρώνονται συνεχώς από την καύση των αποταμιευμένων ουσιών καθώς επίσης και ουσιών που εισάγονται με την τροφή και μεταφέρονται στα μυϊκά κύτταρα με το αίμα. Με το αίμα έρχεται επίσης στα μυϊκά κύτταρα το O<sub>2</sub> και απομακρύνεται το CO<sub>2</sub>.

Η οξείδωση των ουσιών γίνεται μέσα στα μιτοχόνδρια των μυϊκών κυττάρων. Ο αριθμός επομένως των μιτοχονδρίων αλλά και των αιμοφόρων αγγείων του μυϊκού ιστού καθορίζει την ποσότητα της ενέργειας που παράγεται. Ανακεφαλαιώνοντας αυτά που αναφέραμε η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας στα μυϊκά κύτταρα καθορίζεται από την λειτουργία της αναπνοής και καρδιάς, του αριθμού των αιμοσφαιρίων του αίματος, και των μιτοχονδρίων του μυϊκού ιστού.

Τα συστήματα που αναφέραμε (αναπνοή, αιμοφόρα αγγεία, μιτοχόνδρια και αιμοσφαίρια) δεν είναι σε όλα τα άτομα στον ίδιο βαθμό διαμορφωμένα. Η γενετική και ο τρόπος ζωής των ατόμων, διαμορφώνουν τα περισσότερα από αυτά. Η σωματική διάπλαση και η άσκηση έχουν διαμορφώσει στο κάθε άτομο τα μυϊκά του κύτταρα να αποταμιεύουν διαφορετικά ποσά ενέργειας και να συνθέτουν επίσης διαφορετική ποσότητα ATP.

### Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΠΟΡ

#### ΑΤΟΜΟ 70 kg

Είδος σπορ	Ταχύτητα km/h	Θερμίδες kcal
Τρέξιμο	9	600
>>	15	900
Ποδήλατο	15	400
>>	30	900
Κολύμπι	1.5	400
>>	3.5	1100
Τένις (απλό)	-	600
Ποδόσφαιρο	-	780
Γκολφ	-	330
Ορειβασία	-	540
Σκι	9	600
>>	15	900

### Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ύδωρ	60-70%
Πρωτεΐνες	15-20%
Λίπη	10-15%
Άλατα	4-6%
Υδατάνθρακες	0.5%

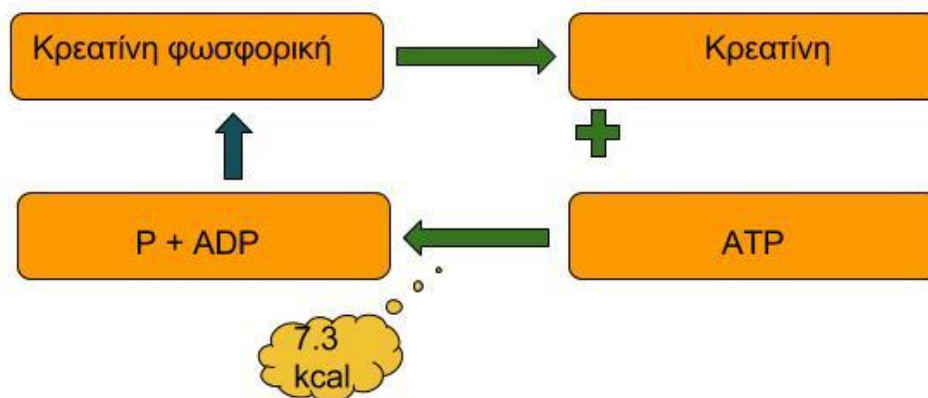
#### ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΙΔΕΣ ΤΟΥΣ

	Ουσίες	kcal
1	Κρεατίνη-φωσφορική και ATP	7
2	Υδατάνθρακες Αεροβίως+Αναεροβίως	1.250
3	Λιπίδια	150.000

#### Το ATP σαν πηγή ενέργειας

ATP διασπάται  $\rightarrow$  ADP+P<sub>i</sub> ελευθερώνονται 7.3 kcal.

Επανασύνθεση της κρεατίνης φωσφορικής



#### ΝΕΟΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ATP

Όπως έχουμε πει το ATP δεν είναι αποταμιευτική ουσία. Η σύνθεσή του όμως είναι έντονη. Υπολογίζεται ότι σε ένα 24ωρο παράγεται ATP ποσότητα που ισοδυναμεί με το βάρος του ημίσεος μέχρι ολόκληρου του βάρους ανθρώπινου σώματος. Ο ανθρώπινος οργανισμός για την προμήθεια της απαιτούμενης ενέργειας αποταμιεύει υδατάνθρακες (γλυκογόνο+γλυκόζη) και λιπίδια (τρι-δι-γλυκερίδια).

Οι υδατάνθρακες μπορούν όπως έχουμε αναφέρει να μεταβολισθούν αερόβια και αναερόβια. Το γλυκογόνο υδρολύεται πρώτα σε γλυκόζη. Ο αερόβιος τρόπος μεταβολισμού οδηγεί στην απελευθέρωση λίγης αλλά γρήγορης ενέργειας (ATP) και αφήνει υπόλοιπο το γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ δεν είναι άχρηστο υλικό. Αποτελεί και αυτό στον αερόβιο μεταβολισμό πηγή ενέργειας ή και ακόμα συντελεί στην νεοσύνθεση της γλυκόζης.

Ο αερόβιος μεταβολισμός της γλυκόζης γίνεται μετά στο μιτοχόνδριο και απελευθερώνει μεγάλα ποσά ενέργειας (ATP). Ο αερόβιος μεταβολισμός οδηγεί στην τέλεια καύση και αφήνει κατάλοιπα το CO<sub>2</sub> και το H<sub>2</sub>O, συντελείται όμως πολύ αργότερα της αναερόβιας διάσπασης.

Τα λιπίδια για να μεταβολισθούν πρέπει πρώτα να υδρολυθούν σε λιπαρά οξέα. Πρέπει επίσης τα λιπαρά οξέα να μεταφερθούν με το αίμα στα μυϊκά κύτταρα. Η διαδικασία όπως περιγράφεται είναι πολύ χρονοβόρος, όμως τα εκλυόμενα ποσά ενέργειας είναι πολύ σημαντικά. Αν λάβουμε υπ' όψη το ποσό του λίπους στο ανθρώπινο σώμα και το ποσό της εκλυόμενης ενέργειας ανά μονάδα λιπιδίων (9.3 kcal/gr) τότε συμπεραίνουμε ότι ο λιπώδης ιστός είναι ο κύριος αποταμιευτικός ιστός του ανθρώπινου σώματος. Ο ιστός αυτός αναπτύχθηκε, όπως έχουμε αναφέρει κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους.

#### Νεοσύνθεση του ATP

1. Αναερόβια διάσπαση της κρεατίνης φωσφορικής

Κρεατίνη φωσφορική + ADP → κρεατίνη + ATP

1. Αναερόβια διάσπαση γλυκόζης με σχηματισμό γαλακτικού οξέος

Γλυκογόνο (υδρόλυση) >> Γλυκόζη (γλυκόλυση) >> γαλακτικό οξύ + 2ATP.

1. Αερόβια διάσπαση της γλυκόζης

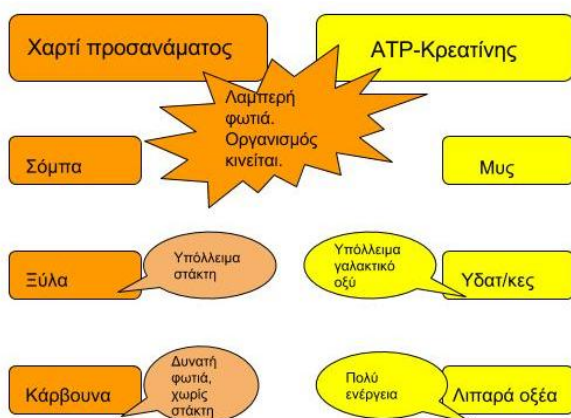
Γλυκογόνο >> Γλυκόζη >> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + 36ATP

1. Οξειδωτική λιπόλυση

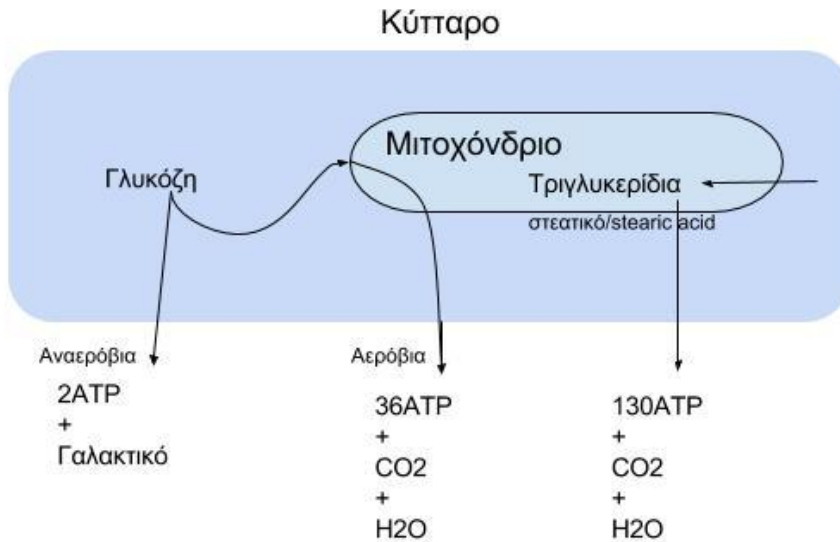
Λιπαρό οξύ (στεατικό/stearic) + O<sub>2</sub> (β' οξειδωση) >> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + 130ATP

Οι 4 δρόμοι της νεοσύνθεσης αλλά και της διάσπασης του ATP γίνονται συγχρόνως στον οργανισμό.

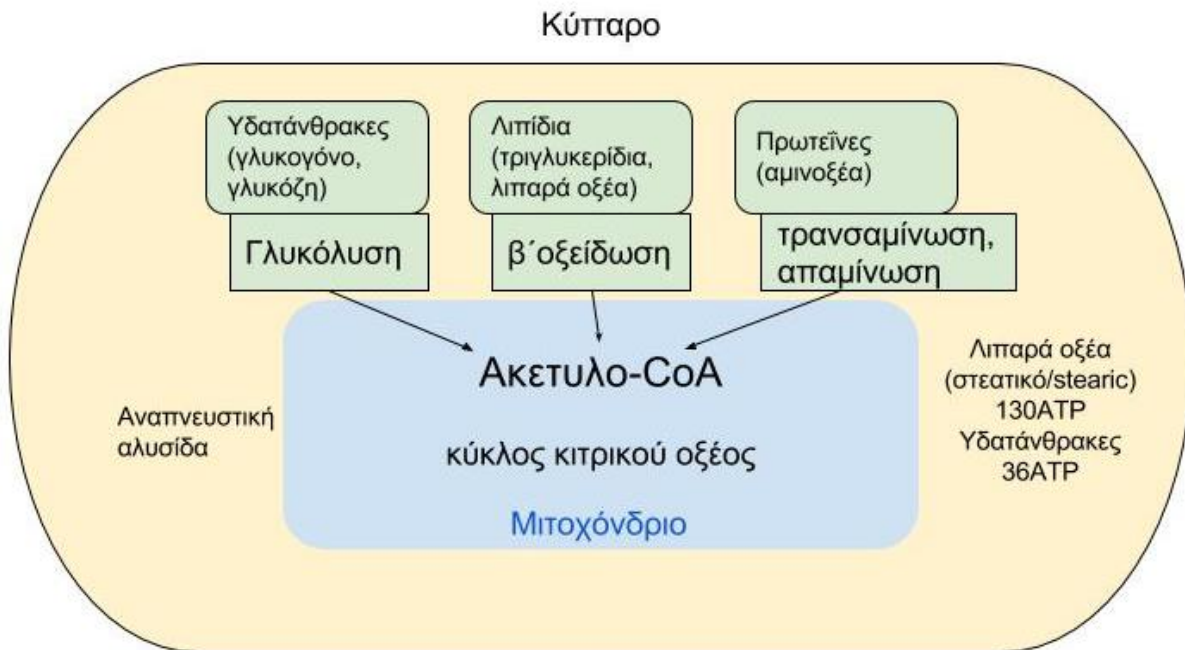
Καθοριστικός παράγοντας των δρώμενων είναι η παρουσία O<sub>2</sub> και η ανάγκη του οργανισμού σε ενέργεια.



## Τόπος διάσπασης των ουσιών στο μυϊκό κύτταρο

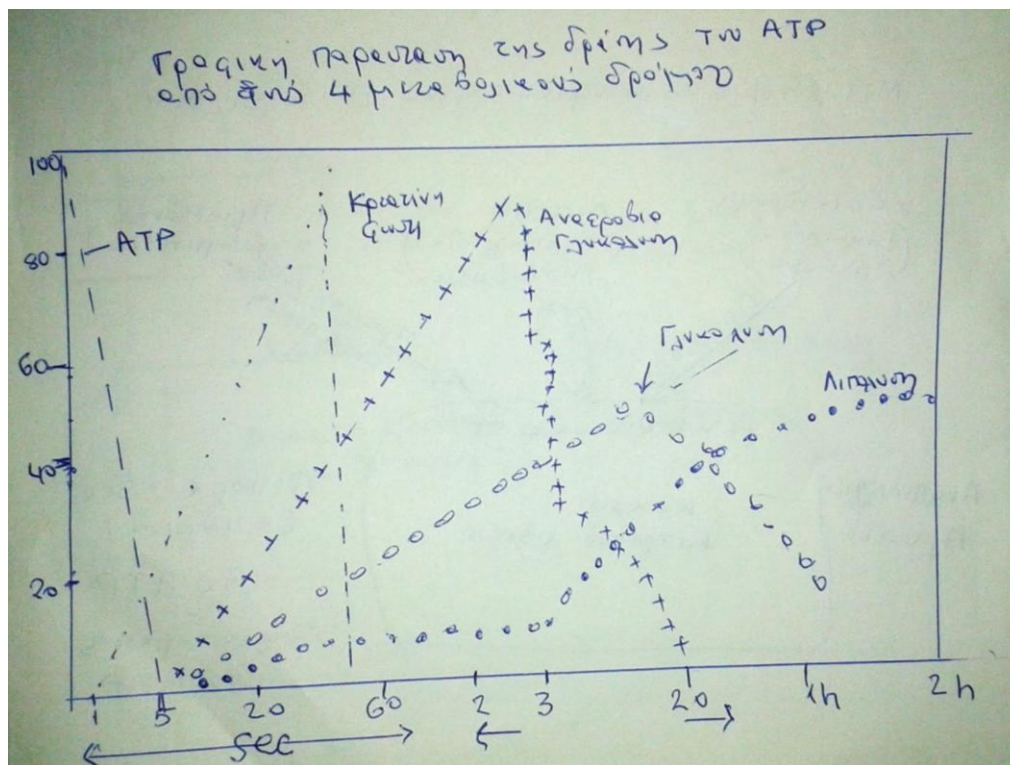


## Μιτοχόνδριο ως κεντρικό όργανο μεταβολισμού



## Χρόνος παραγωγής και διάρκεια ενέργειας

Ουσίες	Διάρκεια	Ταχύτητα mmol/min	
ATP	3 sec	4.4	IIII
Κρεατίνη-φωσφορική	6-15 sec	4.4	IIII
Αναερόβια γλυκόλυση	30-40 sec	2.4	III
Αερόβια γλυκόλυση	30-60 min	1.0	II
Λιπόλυση	πολλές ώρες	0.4	I



**Συγκεντρωτικός πίνακας για κάθε**

Χαρακτηριστική πηγή ενέργειας	ATP + Κρεατίνη φωσφορική	Γλυκογόνο και γλυκόζη		Λιπόλυση
		Αναερόβια	Αερόβια	

Προέλευση	Αναερόβια	Γλυκόλυση		Λιπόλυση β'οξειδωση
Ανάγκη O <sub>2</sub>	-	-	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Σχηματισμός γαλακτικού οξέος	-	Γαλακτικό	-	-
Κούραση αθλητή	Αρχει μόνο για μερικά δευτερόλεπτα	Γαλακτικό, κουράζει	Καμιά αλλαγή χωρίς κούραση	
Αναπλήρωση ATP	Συνεχής	Γρήγορη συνεχής	Αργός σχηματισμός	
Ταχύτητα αναπλήρωσης ATP	Ταχύτατη	Ταχεία	Μικρή	Μικρότερη
Κέρδος ATP/mmol	-	μικρό	πολύ υψηλό	
Αποταμίευση ουσιών	ελάχιστη διαρκείας sec	Γαλακτικό φέρει όξινο pH	μέχρι 90 λεπτά	για πολλές ώρες
	είναι έτοιμη ενέργεια για την εκκίνηση φθάνει μόνο για 100 min	Η κίνηση δρώμενων 200- 800 min Κολύμπι 200 min	Για κίνηση 25- 120 min Δρόμος πάνω από 1000 min	Για δρόμους διάρκειας πάνω από 2 ώρες

### **Ενέργεια που καταναλίσκεται από Μαραθωνοδρόμο (70 kg)**

Απαιτούμενη ενέργεια για τρέξιμο 4 ωρών 3120 kcal

Αποθηκευμένοι υδατάνθρακες στο σώμα:

Μυϊκά κύτταρα (γλυκογόνο)	245 gr
Ήπαρ (γλυκογόνο)	108 gr
Αίμα (γλυκόζη)	11 gr
Σύνολο	364 gr

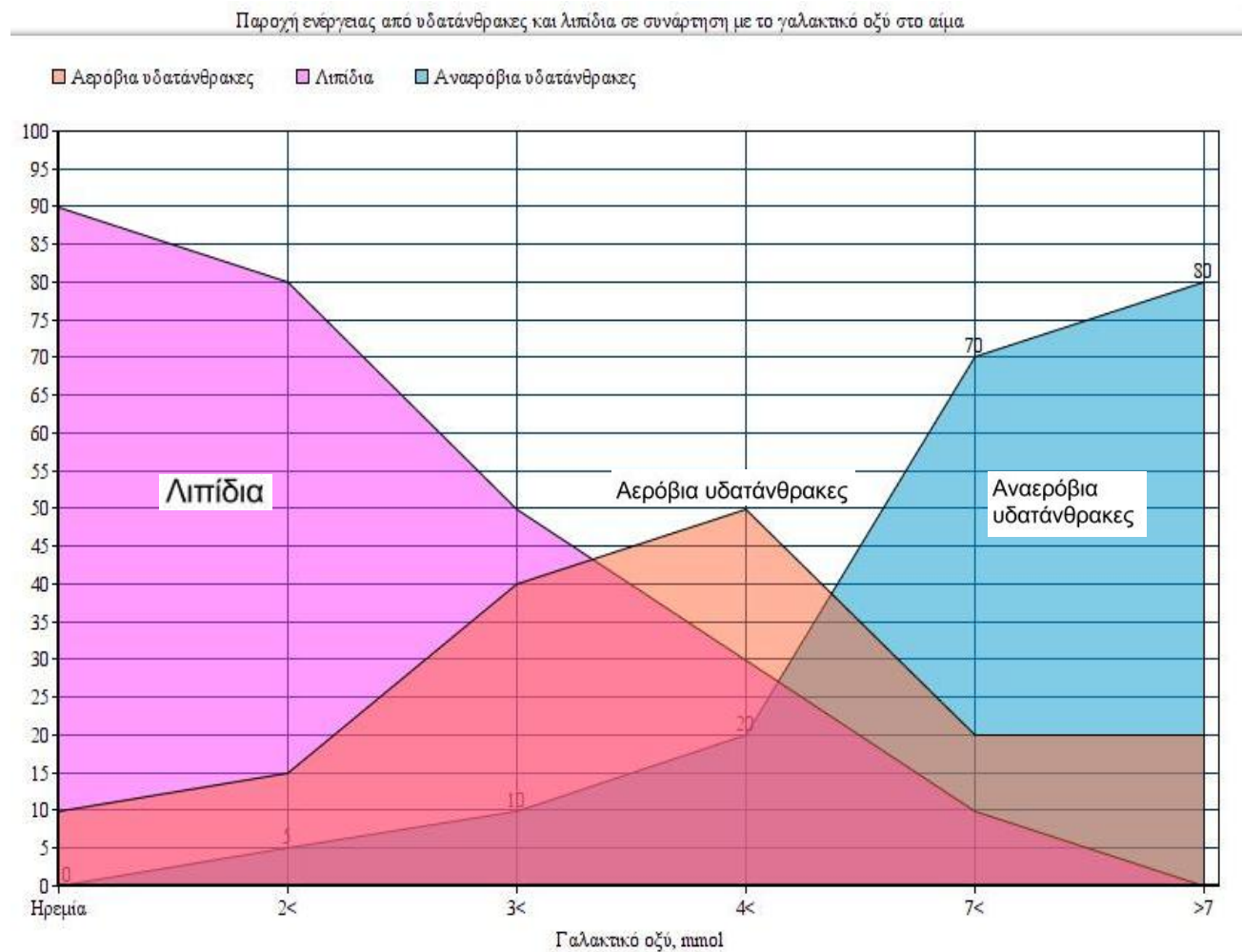
Ενέργεια: 364 x 4 = 1456 kcal

Διαφορά από την απαιτούμενη 1664 kcal.

Η διαφορά αυτή της ενέργειας πρέπει να καλυφθεί από την λυπόλυση (β' οξείδωση) των λιπαρών οξέων ή έλλειψη αυτών, από τις πρωτεΐνες μετά από πρωτεόλυση, ή ακόμα από την πρόσληψη τροφής κατά την διάρκεια του αγώνα.

Σωστή ενέργεια

Ο Μαραθωνοδρόμος πρέπει να αποταμιεύσει περισσότερους υδατάνθρακες 2-3 ώρες πριν τον αγώνα - μακαρόνια ή άλλα αμυλούχα φαγητά.



### Λιπόλυση και ένταση της κίνησης

Χαμηλή ταχύτητα κίνησης	Το $VO_{2max}$ είναι 50. Η έκκριση του γαλακτικού < 2mmol. Άσκηση 3 φορές την	7 kcal/min Σύνολο 630 kcal Λίπος 504 kcal
-------------------------	---	---

	εβδομάδα 30 min. <b>Λιπόλυση 80%.</b>	
Ταχύτητα μεσαία	Το VO <sub>2</sub> max είναι 75%. Το γαλακτικό είναι <3mmol. 3 φορές από 30 min την εβδομάδα. <b>Λιπόλυση 50%.</b>	14 kcal/min Σύνολο 1260 kcal Λίπος 630 kcal
Γρήγορη ταχύτητα	Το VO <sub>2</sub> max είναι 90%. Το γαλακτικό είναι <6mmol. 3 φορές από 30 min την εβδομάδα. <b>Λιπόλυση 20%.</b>	16 kcal/min Σύνολο 1620 kcal Λίπος 324 kcal

### Συμμετοχή του λίπους στην ενέργεια κίνησης

km/h	Κατανάλωση kcal		Ένταση κίνησης			
	kcal/min	kcal/h	Χαρακτήρας έντασης	Γαλακτικό mmol	% λίπους	kcal λίπους/h
0.0	1.2	7.2	χαμηλή	0.5	90	0.92x72=65
5.0	4.3	257	>>	1.0	90	0.92x257=230
7.5	8.3	500	>>	1.5	80	0.8x500=400
9.0	10.0	600	Μέτρια	2.0	80	0.8x600=480
10.5	11.2	672	Μεσαία	3.0	50	0.5x672=336
12.0	12.4	744	Μεγάλη	4.0	30	0.3x744=223
15.0	15.0	900	Πολύ μεγάλη	7.0	10	0.1x900=90

### Η σύνθεση και η διάσπαση του ATP

Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τη διάσπαση των ουσιών τροφής και από τις αποταμιευτικές ουσίες εξυπηρετεί όλες τις βασικές λειτουργίες του οργανισμού. Σ'αυτές ανήκουν η νεοσύνθεση και η μεταφορά ουσιών, η θερμορύθμιση και η κίνηση των μυϊκών κυττάρων. Οι απαιτήσεις σε ενέργεια των λειτουργιών αυτών είναι συνεχείς και σε μικρή σχετική ποσότητα. Οι ουσίες που παρέχουν ενέργεια στον οργανισμό είναι οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια και σε μικρότερη ένταση οι πρωτεΐνες. Οι υδατάνθρακες και τα λιπίδια σαν χημικές ενώσεις όταν οξειδωθούν απελευθερώνουν τεράστια ποσά ενέργειας, που είναι αδύνατον να χρησιμοποιηθούν με μιας από τον οργανισμό. Η γλυκόζη π.χ. όταν οξειδωθεί πλήρως



απελευθερώνει 2870 KJ/mol (M.B.=180). Στον οργανισμό όπως έχουμε αναφέρει, οδηγεί η διάσπαση της γλυκόζης στην απελευθέρωση 36 ATP. Η ενέργεια που εκλύει ένα ATP όταν υδρολυθεί σε ADP ανέρχεται στα 30,5 KJ/mol (1 kcal=4.1KJ). Άρα το ποσό της ενέργειας που ελευθερώνεται από την αερόβια διάσπαση της γλυκόζης στον οργανισμό είναι 1055-1360 KJ/mol. Το ποσό αυτό εκπροσωπεί τα 38%-40% της συνολικής ενέργειας που προέρχεται από την οξείδωση της γλυκόζης.



Η σύνθεση του ATP κατά την διάσπαση των ουσιών επιτρέπει στον οργανισμό να χρησιμοποιεί την ενέργεια σε μικρά πακέτα που προσδιορίζουν μια συνεχή ροή ενέργειας που καλύπτουν κάθε στιγμή τις ανάγκες του οργανισμού για την κίνηση ή για άλλες βασικές λειτουργίες. Αν υπολογίσουμε το ποσό του ATP που συντίθεται σε διάρκεια μιας μέρας, αυτό για πολλά ζώα υπερβαίνει κατά τέσσερις φορές το βάρος του (π.χ. ποντίκι). Για τον άνθρωπο το ποσό του ATP που συντίθεται σε μια μέρα είναι ίσο με το βάρος του μέχρι το μισό.

Το ATP (αδενοσίνη τριφωσφορική) είναι ένα νουκλεοτίδιο με αδενοσίνη και ριβόζη που στο υδροξύλιο της φέρει ένα εστέρα του τριφωσφορικού οξέος. Η σύνθεση του ATP όπως έχουμε αναφέρει γίνεται μέσα στο μιτοχόνδριο και συγκεκριμένα στην εσωτερική μεμβράνη του μιτοχονδρίου από μια διαδικασία που λέγεται οξειδωτική φωσφορυλίωση και προέρχεται από τη πλήρη καύση υδατανθράκων, λιπιδίων, πρωτεϊνών και γαλακτικού οξέος. Εκτός από τον τρόπο αυτό γίνεται επίσης σύνθεση του ATP από το υπόστρωμα ADP (αδενοσίνη-διφωσφορική) από τη μεταφορά του ενεργού φωσφόρου από άλλες ουσίες στο ADP (ADP+P<sub>i</sub> → ATP).

Το ATP είναι επομένως χορηγός ενέργειας για όλα τα συμβαίνοντα του οργανισμού. Το ATP με την εκλυόμενη ενέργειά του ελευθερώνει με τη διάσπαση σε ADP - 30.5 KJ. Μετατρέπει δηλαδή τη χημική ενέργεια σε μηχανική μέσα στα μυϊκά κύτταρα.

Το ATP που υπάρχει αποθηκευμένο στα μυϊκά κύτταρα είναι ελάχιστο (4 mmol) και αρκεί μόνο 1-2 sec. Είναι όμως αναγκαίο για την εκκίνηση. Στα μυϊκά κύτταρα υπάρχει επίσης η κρεατίνη φωσφορική επίσης σε μικρή ποσότητα (25 mmol). Η ουσία αυτή συνεχώς νεοσυντίθεται και είναι πολύ σημαντική για την λειτουργία των μυών.

Η ενέργεια που εκλύεται στο μόριο της κρεατίνης φωσφορικής είναι 43.1 KJ. Είναι δηλαδή υψηλότερη από εκείνη που εκλύεται στο ATP (30.5 KJ).



Το γεγονός αυτό καθώς επίσης ότι στα μυϊκά κύτταρα αποθηκεύεται περισσότερο (25 mmol) από εκείνο του ATP (4 mmol) κάνει την κρεατίνη φωσφορική να είναι πιο σημαντικός παράγοντας λειτουργίας του μυϊκού κυττάρου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους δρομείς των 100 μέτρων διότι τα πρώτα 4 sec ανήκουν στην κρεατίνη φωσφορική.

## ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Είναι η ενέργεια που καταναλίσκει ο άνθρωπος όταν κοιμάται. Ονομάζεται βασικός μεταβολισμός. Είναι η ενέργεια που χρειάζεται ένα άτομο να εκπληρώσει τις βασικές λειτουργίες χωρίς να υποστεί βλάβες ή ψύξη για 24 ώρες. Η ενέργεια αυτή εξαρτάται από το φύλο, από το βάρος του σώματος και την ηλικία. Φυσικά ένα σημαντικό ρόλο στο βασικό μεταβολισμό παίζει επίσης η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

### ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Ηλικία	Βάρος σώματος		Ενέργεια kcal/ημέρα	
	Άνδρες	Γυναίκες	Άνδρες	Γυναίκες
15-19	67	58	1820	1460
19-25	74	60	1820	1390
25-51	74	59	1740	1340
51-65	72	57	1580	1270
>65	68	55	1410	1170

### Τύπος υπολογισμού του βασικού μεταβολισμού

Βάρος σώματος x 24 ώρες x S = KJ

S ανδρών = 4.2

S γυναικών = 3.5

### ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Όταν ο άνθρωπος εργάζεται καταναλώνει ενέργεια. Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται από τον τύπο, τον ρυθμό και τη διάρκεια της εργασίας. Η ενέργεια αυτή προστίθεται στην ενέργεια βασικού μεταβολισμού.

### Απασχόληση και κατανάλωση ενέργειας KJ/min

Τηλεόραση	0.4	Περπάτημα 4 km/h	5.4
Φαγητό	1.4	Τρέξιμο 9 km/h	42.0
Ντουζ	0.8	Ποδήλατο 15 km/h	13.4

Βόλτα στην αγορά	5.9	Ποδόσφαιρο	55.0
Σκούπισμα	14.2	Χορός	22-30

#### Θερμίδες της καθημερινής ζωής

Ηλικία	Θερμίδες άντρες	Θερμίδες γυναίκες
15-19	3100	2500
19-25	3000	2400
25-51	2.900	2300
51-65	2.500	2000
>65	2300	1800

#### Αναλογία ουσιών σε σωστή διατροφή

Στη σωστή διατροφή καθορίζεται το ποσοστό των θερμίδων που προέρχονται από τα τρία βασικά συστατικά της τροφής (υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες)

#### Αναλογία θερμίδων

Από πρωτεΐνες	1250 KJ	15%
Από λιπίδια	2520 KJ	30%
Από υδατάνθρακες	4620 KJ	55%
Σύνολο	8400 KJ	100%

#### Κατανάλωση ενέργεια στα ανθρώπινα όργανα

Όργανο	% Καταναλισκόμενης ενέργειας
Μύες	24
Ήπαρ	22
Εγκέφαλος	19
Νεφρό	10
Καρδιά	7
Λιπώδης ιστός	4

Άλλα όργανα	14
Σύνολο	100

**Παραγωγή ενέργειας στα διάφορα όργανα**

Όργανα	Άνδρες	Γυναίκες
Μυϊκός + Νευρικός ιστός	55%	42%
Συνδετικός + στηρικτικός	32%	28%
Λιπώδης ιστός	13%	25%

**Ενέργεια συνηθισμένων τροφίμων σε 1 gr**

Τρόφιμα	KJ	Τρόφιμα	KJ
Γλυκόζη	17	Αυγό (gr)	22.4
Λίπος	37	Ζωικό λίπος	39.2
Πρωτεΐνη	17	Φυτικό λίπος	39.8
Κρέας	22.4	Αλκοόλη	30.0

**Η αντιστοιχία θερμίδων συνηθισμένων τροφίμων και ενέργειας**

Είδος τροφίμου	Ενέργεια KJ	Δραστηριότητα
Σοκολάτα γάλακτος	2340	1 ώρα και 10 λεπτά ανέβασμα σκαλοπατιών
Λουκάνικο 1, 150gr	1470	1 ώρα και 20 λεπτά παίξιμο τένις
Τούρτα 1	1415	1 ώρα και 10 λεπτά καθάρισμα παραθύρων
50 gr φυστίκια	1330	1 ώρα και 10 λεπτά εμπρόσθιο κολύμπι
Μπύρα 0.3l	660	25 λεπτά χορός
Κονιάκ 20 ml	225	1 ώρα και 40 λεπτά παίζοντας χαρτιά
Μήλο 1	370	45 λεπτά ποδήλατο 10 km/h
Πορτοκάλι 1	315	40 λεπτά πλύσιμο

Ζάχαρη 1 χάρτινη ατομική συσκευασία	85	40 λεπτά γράψιμο
-------------------------------------	----	------------------