

13^ο ΜΑΘΗΜΑ: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ



Σκοπός

1. Περιγραφή τεχνικών άμεσης και έμμεσης θερμιδομέτρησης για τον προσδιορισμό της παραγόμενης από το σώμα ενέργειας κατά τη διάρκεια φυσικών δραστηριοτήτων.



2. Προσδιορισμός με τη χρήση του αναπνευστικού πηλίκου του ποσοστού της κατανάλωσης υδατανθράκων ή λιπών κατά τη διάρκεια της άσκησης.



3. Υπολογισμός ενεργειακής δαπάνης
κάπποιων βασικών δραστηριοτήτων με τη
βοήθεια ειδικών εξισώσεων.



Ορισμός

Ενεργειακό κόστος μιας φυσικής δραστηριότητας:

Είναι οι χιλιοθερμίδες που καταναλώνει ο ανθρώπινος οργανισμός για να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις της συγκεκριμένης άσκησης.



Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια φυσικών δραστηριοτήτων εξαρτάται:

- Τον τύπο της άσκησης
- Την ένταση της άσκησης
- Την διάρκεια της άσκησης



Τύπος άσκησης

Ενεργειακό κόστος:

Προπόνηση πετοσφαίρισης: 0,05 kcal/min/kg

Χαλαρή κολύμβηση: 0,133 kcal/min/kg

75 κιλά

60 λεπτά



Ένταση της άσκησης

τρέξιμο στα 8 km/h: 0,133 kcal/min/kg

14,5 km/h: 0,250 kcal/min/kg



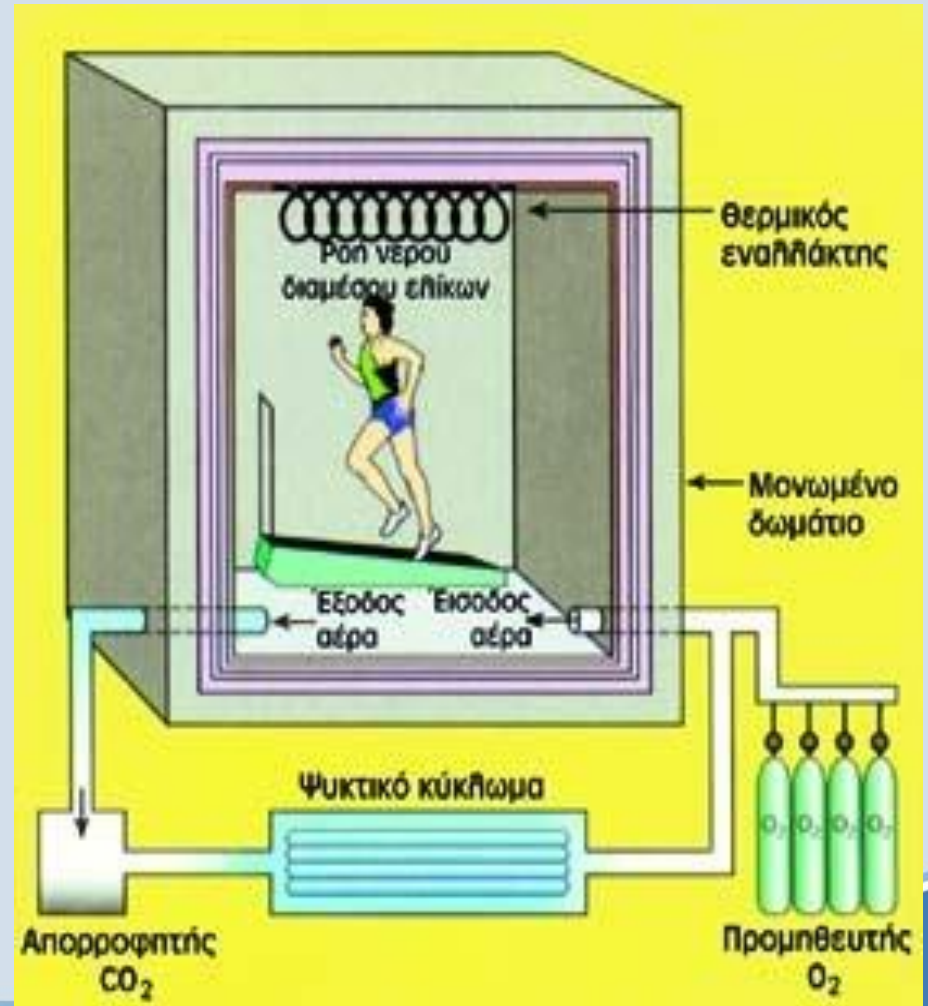
Χρησιμότητα

- Προσδιορισμό της έντασης της άσκησης
- Υπολογισμό της κατανάλωσης χιλιοθερμίδων από τον οργανισμό



Διαδικασία των μετρήσεων - Θερμιδομετρία

Άμεση Θερμιδομετρία



Έμμεση Θερμιδομετρία

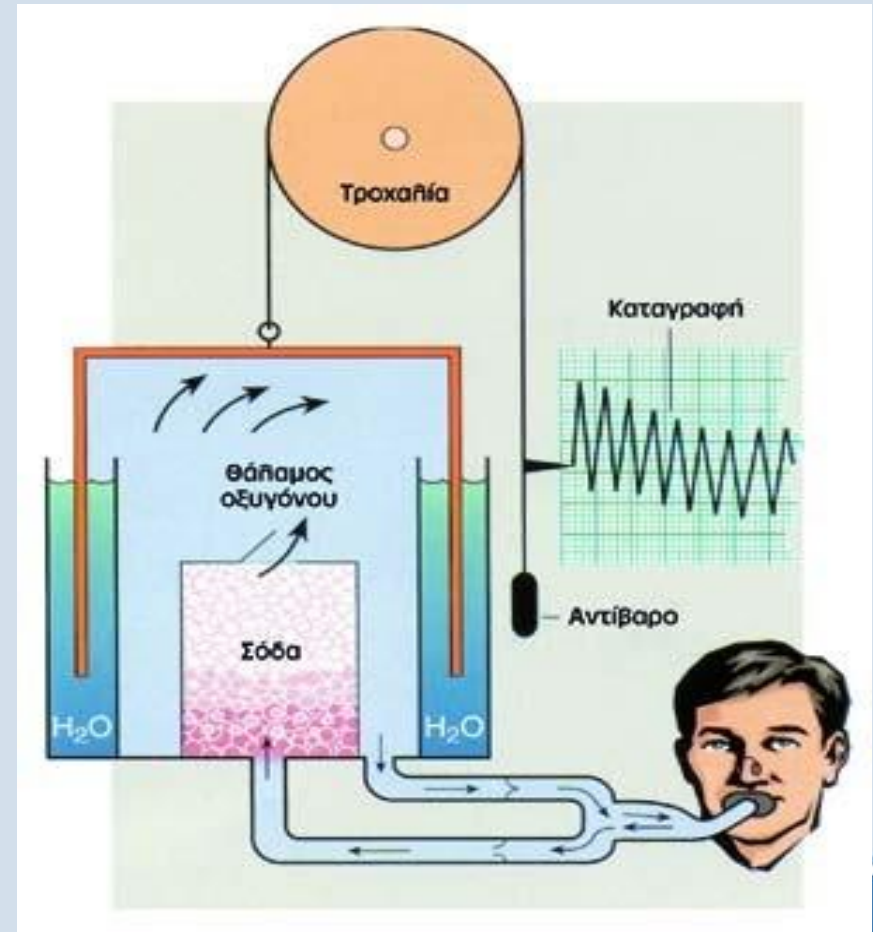
Προσδιορίζεται από το ποσό του O_2 που καταναλώνει ο οργανισμός σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.



Σπιρομετρία Κλειστού Κυκλώματος

Το άτομο που εξετάζεται εισπνέει καθαρό O_2 από έναν αεροστεγή χώρο.

VO_2



Σπιρομετρία ανοικτού κυκλώματος

Φορητό σπιρόμετρο

Το άτομο εισπνέει τον αέρα του περιβάλλοντος :

O_2 (20,9%)

CO_2 (0,03%)

Άζωτο και αδρανή αέρια
(79,04%)



Διαδικασίες έμμεσης θερμιδομετρίας

Αυτόματο εργοσπιρόμετρο



Διαδικασίες έμμεσης θερμιδομετρίας

Μέτρηση της VO_2
με σπιρομέτρηση
ανοικτού
κυκλώματος με την
τεχνική του σάκου



Μετατροπή οξυγόνου σε χιλιοθερμίδες

- Η κατανάλωση ενός λίτρου οξυγόνου για την καύση μείγματος υδατανθράκων, λιπιδίων και πρωτεϊνών στον οργανισμό απελευθερώνει θερμική ενέργεια που ισοδυναμεί με περίπου **4,82 χιλιοθερμίδες**.



Αναπνευστικό πηλίκο

- Λόγω της διαφορετικής χημικής τους σύστασης οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια και οι πρωτεΐνες απαιτούν διαφορετικά ποσά οξυγόνου για την οξείδωσή τους και παράγουν διαφορετικά ποσά διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια της καύσης.



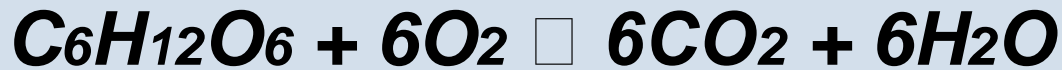
Αναπνευστικό πηλίκο

- Ο λόγος των όγκων του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα προς το οξυγόνο που προσλαμβάνεται καλείται **αναπνευστικό πηλίκο ή RQ.**



Αναπνευστικό πηλίκο υδατανθράκων:

Για την πλήρη οξείδωση ενός μορίου γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) καταναλώνονται **έξι** μόρια οξυγόνου και παράγονται **έξι** μόρια διοξειδίου του άνθρακα:



Επομένως το αναπνευστικό πηλίκο των υδατανθράκων ισούται με τη μονάδα:

$$RQ = VCO_2 \div VO_2 = 6CO_2 \div 6O_2 = 1$$



Αναπνευστικό πηλίκο λιπιδίων:

- Για την καύση ενός μορίου λίπους απαιτείται γενικά περισσότερο οξυγόνο απ' ότι στους υδατάνθρακες επειδή τα λιπίδια περιέχουν στο μόριό τους λιγότερα άτομα οξυγόνου σε σχέση με τα άτομα άνθρακα και υδρογόνου.



Για την οξείδωση ενός μορίου παλμιτικού οξέος ($C_{16}H_{32}O_2$) καταναλώνονται **23** μόρια οξυγόνου και παράγονται **16** μόρια διοξειδίου του άνθρακα:



Επομένως το αναπνευστικό πηλίκο των λιπιδίων ισούται περίπου με 0,70:

$$RQ = VCO_2 \div VO_2 = 16CO_2 \div 23O_2 = 0,696$$



Πίνακας 3.1 Προσδιορισμός της ποσοστιαίας συμμετοχής των λιπιδίων και των υδατανθράκων στην παραγωγή ενέργειας με χρήση του μη πρωτεϊνικού αναπνευστικού πηλίκου.

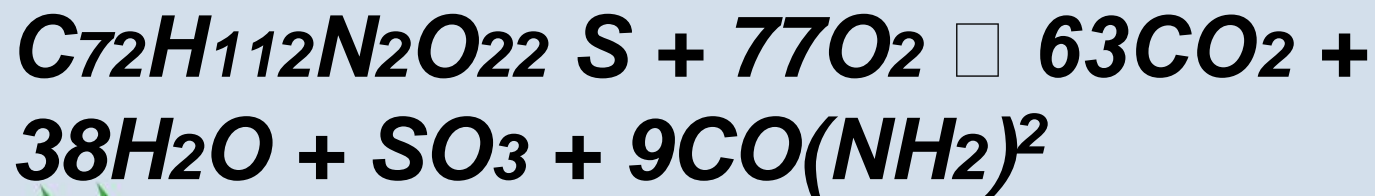
RQ	kcal / L O ₂	% ΛΙΠΙΔΙΩΝ	% ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ
0,70	4,686	100	0
0,75	4,739	84,4	15,6
0,80	4,801	66,7	33,3
0,82	4,825	59,7	40,3
0,85	4,862	49,3	50,7
0,90	4,924	32,5	67,5
0,95	4,985	16,0	84
1,00	5,047	0	100

Αναπνευστικό πηλίκο πρωτεϊνών

- Οι πρωτεΐνες απαιτούν όπως και τα λιπίδια περισσότερα μόρια οξυγόνου σε σχέση με τα παραγόμενα μόρια διοξειδίου του άνθρακα.



- Η καύση ενός μορίου λευκωματίνης ($C_{72}H_{112}N_2O_{22}S$) απαιτεί **77** μόρια οξυγόνου και παράγονται **63** μόρια διοξειδίου του άνθρακα:



Άρα το αναπνευστικό πηλίκο των πρωτεϊνών ισούται περίπου με **0,82**:

$$RQ = VCO_2 \div VO_2 = 63CO_2 \div 77O_2 = 0,818$$



- Σε συνθήκες ανάπτυξης μέχρι και αερόβιας άσκησης μέτριας έντασης το αναπνευστικό πηλίκο κυμαίνεται μεταξύ 0,70 μέχρι 1.



- Όταν το RQ ισούται με **0,82** ο μεταβολισμός πραγματοποιείται από μείγμα 40% υδατανθράκων και 60% λιπιδίων με θερμιδικό ισοδύναμο 4,825 kcal ανά λίτρο οξυγόνου.



Παράδειγμα

- Ποια είναι η κατανάλωση οξυγόνου ενός ασκούμενου με σωματική μάζα 80 κιλά που έτρεξε για 30 λεπτά και ο εκπνεόμενος όγκος αέρα ήταν 60 λίτρα ανά λεπτό και το ποσοστό του εκπνεόμενου οξυγόνου 16,93%;



- Το ποσοστό του οξυγόνου που κατανάλωσε ο ασκούμενος ήταν: $20,93\% - 16,93\% = 4\%$
- Άρα η κατανάλωση οξυγόνου ήταν:
 $VO_2 \text{ (L}\cdot\text{min}^{-1}) = 60 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1} \times (4/100) =$
 $2,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$



- ανά κιλό σωματικής μάζας:

$$VO_2 = (2,4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \times 1000 \text{ ml/L}) / 80 \text{ kg} =$$
$$\mathbf{30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}$$



$2,4 \text{ L} \cdot \text{min} \times 5 \text{ kcal} / \text{L O}_2 =$

12 kcal · min εκφράζοντας έτσι την
ενεργειακή ένταση

ή $12 \text{ kcal} \cdot \text{min} \times 30 \text{ min} = \mathbf{360 \text{ kcal}}$
εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή
δαπάνη.



MET

- Ένα MET ισοδυναμεί με το μεταβολισμό ηρεμίας και εκφράζεται με την κατανάλωση οξυγόνου ανά kg σωματικού βάρους ενός ατόμου σε συνθήκες ηρεμίας και ισούται με την τιμή των **$3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$** .



- Σύμφωνα με το προηγούμενο παράδειγμα το επίπεδο άσκησης του συγκεκριμένου ατόμου θα είναι στα **8,6 MET**, διότι:

$$\frac{30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}{3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}} = 8,6 \text{ MET}$$



Χιλιοθερμίδες που καίγονται την ώρα ανά κιλό σωματικής μάζας

- 1 L O₂ = 4,85 kcal
- 1 MET = 1 kcal · kg⁻¹ · hr⁻¹,

$$30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 60 \text{ min} = 1800 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$$

$$1800 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1} / 1000 = 1,8 \text{ L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$$

$$1,8 \text{ L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1} \times 4,85 \text{ kcal} / \text{L O}_2 = 8,7 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$$



Βασική εξίσωση για περπάτημα και τρέξιμο:

- Χρησιμοποιείται για περπάτημα με ταχύτητα από 3 έως 6 km/h (50 έως 100 m·min) και για τρέξιμο με ταχύτητα πάνω από 8km/h (> 134 m·min) καθώς και για ταχύτητες από 4,8 έως 8 km/h (80 έως 134 m·min⁻¹) εάν ο ασκούμενος τρέχει και δεν περπατά.



$VO_2 (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$ = συνιστώσα ηρεμίας ($1 MET = 3,5 ml O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)
= οριζόντια συνιστώσα [ταχύτητα ($m \cdot min^{-1}$) X κόστος O_2 για οριζόντια κίνηση]
= κάθετη συνιστώσα [κλίση X ταχύτ. ($m \cdot min^{-1}$) X κόστος O_2 για κατακόρυφη κίνηση]

Περπάτημα

κόστος O_2 για οριζόντια κίνηση = $0,1 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

κόστος O_2 για κατακόρυφη κίνηση = $1,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

Τρέξιμο

κόστος O_2 για οριζόντια κίνηση = $0,2 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

κόστος O_2 για κατακόρυφη κίνηση = $0,9 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

Κλίση

η κλίση του εργοδιάδρομου π.χ. κλίση 3% γράφεται στον τύπο 0,03

Παράδειγμα

- Ένας ποδηλάτης βάρους 70 kgr ποδηλατεί για 30´ με σταθερή ένταση ίση με 5 MET. Πόσες χιλιοθερμίδες (Kcal) θα δαπανήσει ο δοκιμαζόμενος στην 30λεπτη αυτή του προσπάθεια ; (1MET = 3.5 ml O₂ / Kgr / min, 1 λίτρο O₂ ≈ 5 Kcal)



$5\text{MET} = 5 \times 3.5 \text{ ml} = 17,5 \text{ ml O}_2 / \text{Kgr} / \text{min},$

Επομένως στα 30 min, θα έχουμε: $(17,5 \text{ ml O}_2 \times 70\text{kgr} \times 30\text{min}) \times 5 \text{ kcal}$

$(36.750/1000) \times 5\text{kcal}$ -----διαίρω με 1000
για να μετατρέψω τα ml O₂ σε lt O₂ =
 $36,75 \text{ lt O}_2 \times 5 \text{ kcal} = \underline{\underline{183.75 \text{ kcal}}}$



Karvonen Formula

The Karvonen Formula is a mathematical formula that helps you determine your target heart rate (HR) training zone. The formula uses maximum and resting heart rate with the desired training intensity to get a target heart rate.

Target Heart Rate = [(max HR – resting HR) × %Intensity] + resting HR
example

See our [Karvonen Heart Rate Calculator](#)

Ideally, you should measure your resting and maximum heart rate for more accurate results. If the maximum heart rate cannot be measured directly, it can be roughly estimated using the traditional formula 220 minus your age (see this [table of heart rate max](#)). Also, an average value of 70 bpm can be used for resting heart rate if it is not known. See also [Resting Heart Rate](#), and this guide to [measuring heart rate](#).

Example Training Heart Rate Zone

For example, for a 25 yr old who has a resting heart rate of 65, wanting to know his training heart rate for the intensity level 60% - 70%.

His Minimum Training Heart Rate:

$$220 - 25 (\text{Age}) = 195$$

$$195 - 65 (\text{Rest. HR}) = 130$$

$$130 \times .60 (\text{Min. Intensity}) + 65 (\text{Rest. HR}) = 143 \text{ Beats/Minute}$$

His Maximum Training Heart Rate:

$$220 - 25 (\text{Age}) = 195$$

$$195 - 65 (\text{Rest. HR}) = 130$$

$$130 \times .70 (\text{Max. Intensity}) + 65 (\text{Rest. HR}) = 156 \text{ Beats/Minute}$$

His training heart rate zone will therefore be 143-156 beats per minute.