

# ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ

## 5. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΓΚΛΩΤΣΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

[dimglo@uniwa.gr](mailto:dimglo@uniwa.gr)

Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Ορισμοί – Έργο, Ισχύς, Ενέργεια**

**2. Το ανθρώπινο σώμα σαν μια μηχανή**

**3. Μεταβολισμός, ενεργειακή κατανάλωση**

**4. Ασκήσεις - Μεταβολισμός**

**5. Απώλειες θερμότητας από το σώμα**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Ορισμοί – Έργο, Ισχύς, Ενέργεια**

**2. Το ανθρώπινο σώμα σαν μια μηχανή**

**3. Μεταβολισμός, ενεργειακή κατανάλωση**

**4. Ασκήσεις - Μεταβολισμός**

**5. Απώλειες θερμότητας από το σώμα**

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

1. Ταχύτητα:  $u = \frac{s}{t}$  Όπου  $s$  η μετατόπιση/απόσταση και  $t$  ο χρόνος (m/sec)

2. Επιτάχυνση:  $\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$  Όπου  $\Delta$  η μεταβολή (m/sec<sup>2</sup>)

3. Δύναμη:  $F = m \cdot \gamma$  Όπου  $m$  η μάζα (Kg \* m / sec<sup>2</sup>)

4. Έργο:  $W = F \cdot s$  Έργο σταθερής δύναμης (N \* m = Joule)

5. Ισχύς:  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$  Ρυθμός παραγωγής έργου/ενέργειας (Joule/sec = Watt), 1 HP=750Watt

6. Ενέργεια: Ενέργεια έχει ένα σώμα που μπορεί να παράγει έργο

7. Θερμότητα: Θερμότητα είναι η ενέργεια (θερμική) που κινείται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Ορισμοί – Έργο, Ισχύς, Ενέργεια**

**2. Το ανθρώπινο σώμα σαν μια μηχανή**

**3. Μεταβολισμός, ενεργειακή κατανάλωση**

**4. Ασκήσεις - Μεταβολισμός**

**5. Απώλειες θερμότητας από το σώμα**

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Ανθρώπινο σώμα + Ενέργεια:

Το ανθρώπινο σώμα προσλαμβάνει τρεις βασικές πηγές ενέργειας κρίσιμες για τη διατήρηση της ζωής από το περιβάλλον:

1. Οξυγόνο
2. Νερό
3. Θρεπτικά συστατικά, τροφή

Σαν μια μηχανή, το ανθρώπινο σώμα μπορεί και μετατρέπει τα συστατικά αυτά ενέργεια ικανή να συντηρήσει και να υποστηρίξει τη ζωή, όπως

- θερμότητα (για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας σώματος)
- μηχανικό/κινητικό έργο (π.χ. κίνηση του μυοσκελετικού συστήματος)
- ηλεκτρικό έργο (π.χ. λειτουργία του νευρικού συστήματος)
- έργο για την λειτουργία των ζωτικών οργάνων
- αποθήκευση ενέργειας (π.χ. λίπος)
- κ.α.

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Ανθρώπινο σώμα + Ενέργεια:

Το σύνολο των διαδικασιών που σχετίζονται με την πρόσληψη, αποθήκευση, μεταβολή και χρήση της ενέργειας στο ανθρώπινο σώμα ονομάζεται μεταβολισμός.

Ο μεταβολισμός μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε δύο σημαντικές ομάδες διεργασιών:

A/ Τις αναβολικές διεργασίες στις οποίες διάφορα μόρια συνδυάζονται και σχηματίζουν πολύπλοκες ενώσεις (αποθήκευση ενέργειας)

B/ Τις καταβολικές διεργασίες στις οποίες διάφορα σύνθετα μόρια διασπώνται σε απλούστερα με την ταυτόχρονη απελευθέρωση ενέργειας (χρήση ενέργειας)

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Ορισμοί – Έργο, Ισχύς, Ενέργεια**

**2. Το ανθρώπινο σώμα σαν μια μηχανή**

**3. Μεταβολισμός, ενεργειακή κατανάλωση**

**4. Ασκήσεις - Μεταβολισμός**

**5. Απώλειες θερμότητας από το σώμα**

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Μεταβολισμός και διαχείριση ενέργειας:** Ένα γενικευμένο μοντέλο που μπορεί να μας περιγράψει την ενεργειακή διαχείριση του ανθρώπινου σώματος βασίζεται στον 1<sup>ο</sup> νόμο της θερμοδυναμικής, δηλαδή στην αρχή διατήρησης της ενέργειας

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Όπου  $\Delta U$  η μεταβολή της αποθηκευμένης ενέργειας του σώματος,  $\Delta t$  η μεταβολή του χρόνου,  $\Delta Q$  η μεταβολή της θερμότητας του σώματος,  $\Delta W$  το παραγόμενο έργο από το σώμα

Το  $\Delta U/\Delta t$  μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμός διάσπασης μορίων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας (καταβολισμός, οξείδωση)

Το  $\Delta Q/\Delta t$  μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμός απώλειας ή πρόσληψης θερμότητας από το σώμα

Το  $\Delta W/\Delta t$  μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμός παραγωγής έργου από το σώμα

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Μεταβολισμός και διαχείριση ενέργειας:** Ένα γενικευμένο μοντέλο που μπορεί να μας περιγράψει την ενεργειακή διαχείριση του ανθρώπινου σώματος βασίζεται στον 1<sup>ο</sup> νόμο της θερμοδυναμικής, δηλαδή στην αρχή διατήρησης της ενέργειας

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Όπου  $\Delta U$  η μεταβολή της αποθηκευμένης ενέργειας του σώματος,  $\Delta t$  η μεταβολή του χρόνου,  $\Delta Q$  η μεταβολή της θερμότητας του σώματος,  $\Delta W$  το παραγόμενο έργο από το σώμα

Μονάδες:

$$1 \text{ kcal} = 4184 \text{ J (Joule)}$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ J/sec}$$

$$100 \text{ W} = 1.43 \text{ kcal/min}$$

$$1 \text{ kcal/min} = 69.7 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ kcal/hour} = 1.162 \text{ Watt}$$

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

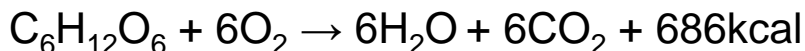
**Μεταβολισμός και διαχείριση ενέργειας:** Ένα γενικευμένο μοντέλο που μπορεί να μας περιγράψει την ενεργειακή διαχείριση του ανθρώπινου σώματος βασίζεται στον 1<sup>ο</sup> νόμο της θερμοδυναμικής, δηλαδή στην αρχή διατήρησης της ενέργειας

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Το  $\Delta U/\Delta t$  μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμός διάσπασης μορίων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας (καταβολισμός, οξείδωση)

Οι τροφές μετατρέπονται σε ενέργεια μέσω διαφόρων πολύπλοκων μηχανισμών μέρος των οποίων αποτελεί η λεγόμενη οξείδωση. Η οξείδωση είναι μια χημική διαδικασία μέσω της οποίας παράγεται θερμότητα στο σώμα. Η παραγόμενη θερμότητα μέσω του συνόλου των οξειδώσεων που πραγματοποιούνται στο σώμα μας συνιστά την ενέργεια του μεταβολισμού μας.

Για παράδειγμα ας εξετάσουμε την οξείδωση της γλυκόζης (**ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ**):



**Θερμικό ισοδύναμο 5.1kcal/liter O<sub>2</sub>**

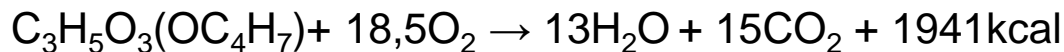
# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Μεταβολισμός και διαχείριση ενέργειας:** Ένα γενικευμένο μοντέλο που μπορεί να μας περιγράψει την ενεργειακή διαχείριση του ανθρώπινου σώματος βασίζεται στον 1<sup>ο</sup> νόμο της θερμοδυναμικής, δηλαδή στην αρχή διατήρησης της ενέργειας

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Το  $\Delta U/\Delta t$  μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμός διάσπασης μορίων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας (καταβολισμός, οξείδωση)

Για παράδειγμα ας εξετάσουμε την οξείδωση λίπους (**ΛΙΠΗ**):



**Θερμικό ισοδύναμο 4.7kcal/liter O<sub>2</sub>**

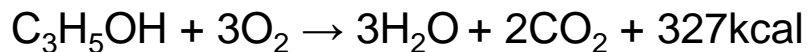
# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Μεταβολισμός και διαχείριση ενέργειας:** Ένα γενικευμένο μοντέλο που μπορεί να μας περιγράψει την ενεργειακή διαχείριση του ανθρώπινου σώματος βασίζεται στον 1<sup>ο</sup> νόμο της θερμοδυναμικής, δηλαδή στην αρχή διατήρησης της ενέργειας

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Το  $\Delta U/\Delta t$  μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμός διάσπασης μορίων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας (καταβολισμός, οξείδωση)

Για παράδειγμα ας εξετάσουμε την οξείδωση αιθανόλη (**ΑΛΚΟΟΛ**):



**Θερμικό ισοδύναμο 4.86kcal/liter O<sub>2</sub>**

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Κατανάλωση ενέργειας στο σώμα:** Η ενέργεια που καταναλώνουμε αφορά:

- Το 27% για την υποστήριξη της λειτουργίας των **ήπαρ και σπλήνα**. Το ήπαρ συμμετέχει σε πολλές λειτουργίες, όπως στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων, την έκκριση χολής, αποδόμηση τοξικών συστατικών, όπως η μετατροπή της αμμωνίας σε ουρία, αποθήκευση ουσιών κ.α. Ο σπλήνας μεταξύ άλλων φιλτράρει το αίμα, συμμετέχει στην άμυνα του οργανισμού, μεταβολίζει τον σίδηρο κλπ
- Το 19% για την υποστήριξη της λειτουργίας του **εγκεφάλου** (σκέψη + αυτόνομες/αυτόματες λειτουργίες). σσ. ο εγκέφαλος καταλαμβάνει περίπου το 3% του συνολικού βάρους του σώματος
- Το 7% για την υποστήριξη της λειτουργίας της **καρδιάς** που έχει να κάνει κυρίως με την άντληση του αίματος και τον έλεγχο της θερμοκρασίας
- Το 10% για την υποστήριξη της λειτουργίας των **νεφρών** που φιλτράρουν το αίμα από τα τοξικά και άχρηστα παράγωγα του μεταβολισμού

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Βασικός μεταβολικός ρυθμός:** Υπάρχει ένας δείκτης, ο λεγόμενος βασικός ρυθμός μεταβολισμού, ο οποίος αντιπροσωπεύει την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας του ανθρώπου σε σταθερές συνθήκες ηρεμίας, περιβάλλοντος και θερμοκρασίας

BMR = Basal Metabolic Rate

$$BMR = \frac{\Delta U}{\Delta t}, \frac{\Delta W}{\Delta t} = 0$$

Όπου  $\Delta U$  η μεταβολή της αποθηκευμένης ενέργειας του σώματος,  $\Delta t$  η μεταβολή του χρόνου,  $\Delta W$  το παραγόμενο έργο από το σώμα

Πτώση ή αύξηση της θερμοκρασίας κατά  $\pm 1^\circ\text{C}$  μπορεί να μειώσει ή να αυξήσει τον βασικό μεταβολισμό κατά 10%

Π.χ. χειμερία νάρκη, μείωση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια χειρουργείου για μείωση ανάγκης κατανάλωσης οξυγόνου, ο εμπύρετος ασθενής έχει μεγαλύτερο μεταβολικό ρυθμό

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Φυσική κατάσταση:** Ένας ορισμός για την λεγόμενη 'φυσική κατάσταση' του ανθρώπου έχει να κάνει με τον ρυθμό κατανάλωσης του οξυγόνου ml/(min kg)

- Κακή φυσική κατάσταση:  $\approx 25-35$  ml/(min kg)
- Μέτρια φυσική κατάσταση:  $\approx 36-46$  ml/(min kg)
- Καλή φυσική κατάσταση:  $\approx 47-57$  ml/(min kg)
- Πολύ φυσική κατάσταση:  $\approx >70$  ml/(min kg)

**Δραστηριότητες και κατανάλωση ενέργειας:**

Ύπνος:  $\approx 70$  kcal/hour

Βασικές δραστηριότητες (π.χ. περπάτημα, παρακολούθηση διάλεξης):  $\approx 150-250$  kcal/hour

Μέτριες δραστηριότητες (π.χ. αργό τρέξιμο):  $\approx 400-450$  kcal/hour

Έντονες δραστηριότητες (π.χ. κανονικό τρέξιμο):  $500-550$  kcal/hour

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Ορισμοί – Έργο, Ισχύς, Ενέργεια**

**2. Το ανθρώπινο σώμα σαν μια μηχανή**

**3. Μεταβολισμός, ενεργειακή κατανάλωση**

**4. Ασκήσεις - Μεταβολισμός**

**5. Απώλειες θερμότητας από το σώμα**

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Μεταβολισμός: Αριθμητικό παράδειγμα 1

Για έναν άνθρωπο που εργάζεται σε γραφείο, η ενέργεια που χρειάζεται είναι:

$$\approx 160 \frac{\text{kcal}}{\text{hour}} \cdot 12 \text{hours} + 70 \frac{\text{kcal}}{\text{hour}} \cdot 12 \text{hours} = 2760 \text{kcal}$$

Για έναν άνθρωπο που εργάζεται σε γραφείο και αθλείται συστηματικά π.χ. τρέχοντας καθημερινά για 1 ώρα, η ενέργεια που χρειάζεται είναι:

$$\approx 400 \frac{\text{kcal}}{\text{hour}} \cdot 12 \text{hours} + 70 \frac{\text{kcal}}{\text{hour}} \cdot 12 \text{hours} = 5640 \text{kcal}$$

Για έναν άνθρωπο που εργάζεται σε οικοδομή, η ενέργεια που χρειάζεται είναι:

$$\approx 500 \frac{\text{kcal}}{\text{hour}} \cdot 12 \text{hours} + 70 \frac{\text{kcal}}{\text{hour}} \cdot 12 \text{hours} = 6840 \text{kcal}$$

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Μεταβολισμός: Αριθμητικό παράδειγμα 2

Όταν η πρόσληψη ενέργειας από τις τροφές ξεπερνάει την κατανάλωση της ενέργειας από το σώμα, τότε το περίσσειμα ενέργειας μετατρέπεται σε λίπος. Δεδομένου ότι το λίπος έχει  $\approx 9.3 \text{ kcal/gr}$ , τότε ένα παραπάνω κομμάτι πίτσα  $500\text{kcal}$  θα μετατραπεί σε  $53 \text{ gr}$  λίπους:

$$\approx \frac{500\text{kcal}}{9.3 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}}} = 53\text{gr}$$

Για να 'κάψουμε' το παραπάνω κομμάτι πίτσα θα χρειαστεί:

- να περπατήσουμε για περίπου 3 ώρες  $\approx \frac{500\text{kcal}}{150\frac{\text{kcal}}{\text{hour}}} = 3.33\text{hours}$
- να τρέξουμε για περίπου 1 ώρα  $\approx \frac{500\text{kcal}}{400\frac{\text{kcal}}{\text{hour}}} = 1.23\text{hour}$
- να διαβάσουμε για περίπου 5 ώρες  $\approx \frac{500\text{kcal}}{100\frac{\text{kcal}}{\text{hour}}} = 5\text{hours}$

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Μεταβολισμός: Αριθμητικό παράδειγμα 3

Δεδομένου ότι το λίπος έχει  $\approx 9.3 \text{ kcal/gr}$ , τότε σε πόσα γραμμάρια λίπους θα μετατραπούν 2 πίτες-σουβλάκι από όλα και μια μερίδα πατάτες τηγανιτές με συνολική αξία 2000kcal; Πόσο χρόνο χρειάζεται να τρέξουμε για να κάψουμε τις θερμίδες αυτές δεδομένου ότι με το τρέξιμο καταναλώνουμε περίπου 400kcal/hour;

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Μεταβολισμός: Αριθμητικό παράδειγμα 4

Έστω άντρας με ημερήσιο μεταβολικό ρυθμό στα 3500kcal, του οποίου το πρωινό και το μεσημεριανό έχουν αξία 1800kcal, ενώ το βράδυ καταναλώνει ένα διπλό τσιζμπεργκερ με τηγανητές πατάτες με αξία 2200kcal. Πόσα κιλά θα πάρει αν συνεχίσει να καταναλώνει κάθε βράδυ ένα διπλό τσιζμπεργκερ με τηγανητές πατάτες με αξία 2200kcal (ή κάτι ισοδύναμο, π.χ. σουβλάκια, πίτσα, παγωτά κλπ) για 30 συνεχόμενες ημέρες.

Ο άνθρωπος αυτός έχει ημερήσιο περίσσευμα  $-3500\text{kcal} + (1800 + 2200)\text{kcal} = +500\text{kcal}$

Θα έχει αυτό το περίσσευμα για 10 συνεχόμενες ημέρες, οπότε  $10 * 500\text{kcal} = 5000\text{kcal}$

$$\approx \frac{15000\text{kcal}}{9.3 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}}} = 1612\text{gr} = 1.6\text{kg}$$

Άρα σε σύνολο 30 ημερών θα πάρει 1.6 κιλά

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Μεταβολισμός: Αριθμητικό παράδειγμα 5

Έστω άντρας με ημερήσιο μεταβολικό ρυθμό στα 3500kcal, του οποίου το πρωινό και το μεσημεριανό έχουν αξία 2000kcal, ενώ το βράδυ καταναλώνει φρούτα και μία χούφτα ξηρούς καρπούς αξίας 500 kcal. Σε πόσες μέρες θα χάσει 2 κιλά;

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Μεταβολισμός: Αριθμητικό παράδειγμα 6

Αν ο βασικός μας μεταβολισμός είναι στις 3500kcal/ημέρα και τον ρίχνω στα 2500kcal/ημέρα (μία σοκολάτα λιγότερη την ημέρα, μία τυρόπιτα λιγότερη την ημέρα, ένα κομμάτι πίτσα λιγότερο την ημέρα) και θέλω να χάσω 5kg, πόσο χρονικό διάστημα θα διαρκέσει αυτή η δίαιτα;

Οι συνολικές θερμίδες λίπους που αντιστοιχούν στα 5kg είναι:

$$\approx 5000 \text{ gr} \cdot 9.3 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}} = 46500 \text{ kcal}$$

Αφού έχω 500kcal λιγότερα ανά ημέρα, τότε ο συνολικός χρόνος που θα χρειαστεί για να χάσω τα 5 kg είναι:

$$\approx \frac{46500 \text{ kcal}}{500 \frac{\text{kcal}}{\text{day}}} = 93 \text{ days}$$

Αν ταυτόχρονα ασκούμε καταναλώνοντας επιπλέον 500kcal περισσότερα ανά ημέρα, τότε ο συνολικός χρόνος που θα χρειαστεί για να χάσω τα 5 kg είναι:

$$\approx \frac{46500 \text{ kcal}}{500 \frac{\text{kcal}}{\text{day}} + 500 \frac{\text{kcal}}{\text{day}}} = 46.5 \text{ days}$$

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Ορισμοί – Έργο, Ισχύς, Ενέργεια**

**2. Το ανθρώπινο σώμα σαν μια μηχανή**

**3. Μεταβολισμός, ενεργειακή κατανάλωση**

**4. Ασκήσεις - Μεταβολισμός**

**5. Απώλειες θερμότητας από το σώμα**

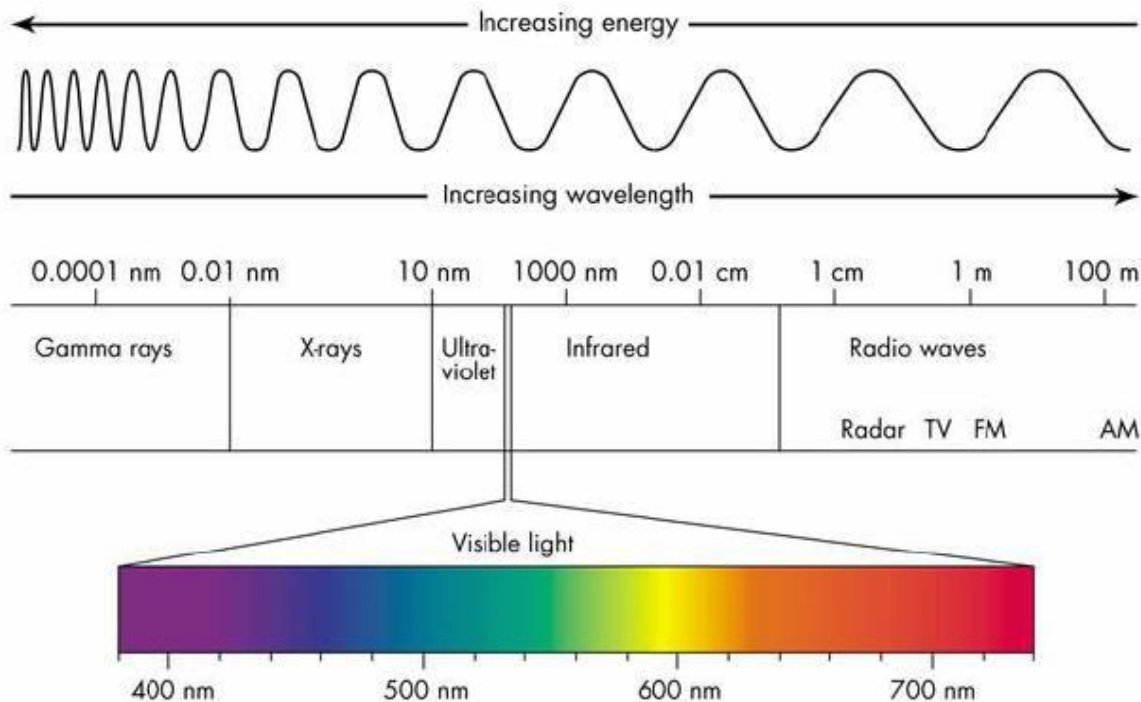
# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Απώλεια θερμότητας από το σώμα: Το σώμα μας χάνει θερμότητα μέσω κυρίως τριών μηχανισμών:

1. Ακτινοβολία
2. Διάδοσης
3. Εξάτμισης

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η θερμότητα που εκπέμπεται από το σώμα μας δεν είναι τίποτα άλλα παρά φως, αλλά σε μήκος κύματος που δεν είναι ανιχνεύσιμο από το ανθρώπινο οπτικό σύστημα (υπέρυθρο).



# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η ανακάλυψη του υπέρυθρου τμήματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έγινε πριν από περίπου 200 χρόνια από τον Sir William Herschel, ένα αστρονόμο, ο οποίος αναζητούσε ένα υλικό κατάλληλο για να φιλτράρει την φωτεινότητα του ηλίου στα τηλεσκόπια. Ο Herschel δοκίμασε διάφορα χρωματιστά υάλινα φίλτρα και παρατήρησε ότι μερικά από αυτά αποκόπτουν ένα σημαντικό ποσοστό ηλιακής θερμότητας, ενώ κάποια άλλα επέτρεπαν την διέλευση μεγάλων ποσοστών θερμότητας, τόσο μεγάλων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν βλάβες στα μάτια.

Έτσι λοιπόν ο Herschel πείστηκε για την αναγκαιότητα ενός συστηματικού πειράματος τέτοιου ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί επαρκώς το υλικό που θα διέθετε ταυτόχρονα τα χαρακτηριστικά μείωσης φωτεινότητας με μέγιστη μείωση της θερμικής ακτινοβολίας. Επανέλαβε το πείραμα του Νεύτωνα με το πρίσμα, αλλά αντί να κοιτάξει την οπτική κατανομή του φωτός στο φάσμα, όπως έκανε ο Νεύτωνας, εστίαστηκε στην θερμική επίδραση της ακτινοβολίας χρησιμοποιώντας ένα θερμόμετρο υδραργύρου σαν θερμικό ανιχνευτή. Παρατήρησε ότι καθώς το θερμόμετρο μετατοπιζόταν κατά μήκος του φάσματος, η θερμοκρασία αυξανόταν με μετατόπιση από το βιολετί προς στο κόκκινο, αποδεικνύοντας κατά αυτόν το τρόπο την ύπαρξη της θερμικής ακτινοβολίας.

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η ισχύς της θερμικής ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου ( $T=300\text{ K}$ ) και επιφάνειας περίπου  $2\text{ m}^2$  είναι περίπου  $95\text{ W}$ .

Αυτή η απώλεια ισχύος από το ανθρώπινο σώμα δεν θα μπορούσε να διατηρηθεί αν δεν αντισταθμιζόταν από την απορρόφηση ακτινοβολίας από περιβάλλουσες επιφάνειες και φυσικά από τον ρουχισμό.

Άρα το ανθρώπινο σώμα σε πλήρη ηρεμία εκπέμπει ακτινοβολία σχεδόν ισοδύναμη με αυτή ενός απλού λαμπτήρα  $100\text{ Watt}$  ( $=360\text{ kJoule}$ ). Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η ακτινοβολία του ανθρωπίνου σώματος αφορά το υπέρυθρο, ενώ αυτή του λαμπτήρα το ορατό.

Με βάση τους ανωτέρω υπολογισμούς μπορούμε να εκτιμήσουμε και την συνολική ενέργεια που απελευθερώνει το ανθρώπινο σώμα σε μία μέρα σε πλήρη ηρεμία, η οποία ισούται με  $360\text{kJoule-hour} * 24\text{ hours} = 9\ 000\text{ kJoules}$  ή  $2000$  θερμίδες ( $\text{kcal}$ ,  $1\text{ kJoule} = 0.23901\text{ kcal}$ ).

Η θερμική αυτή ενέργεια προκαλείται από το σύνολο των δισεκατομμυρίων αντιδράσεων σε μοριακό επίπεδο στο ανθρώπινο σώμα, με έκλυση ενέργειας, ανεβάζοντας την θερμοκρασία του σώματος κοντά στους  $37^\circ\text{C}$

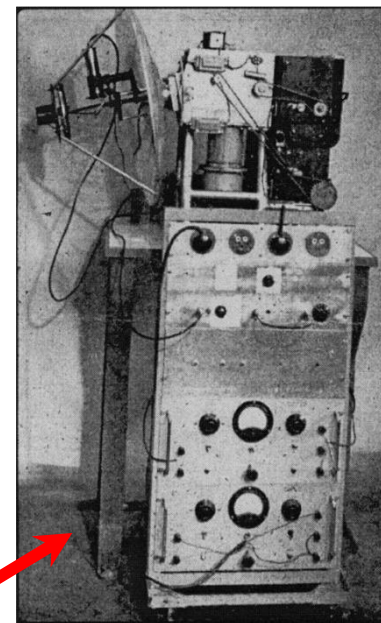
# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## 1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:

Θερμογραφία - Ιστορική αναδρομή

Χρόνος	Ερευνητής	Επίτευγμα
1595	Gallileo Gallilei	Ανακάλυψη του θερμομέτρου
1871	Carl Wunderlich	Ανακάλυψη ιατρικού θερμομέτρου
1800s	William Herschel	Ανακαλύπτει ένα μέρος του φάσματος του φωτός που αντιστοιχεί στην θερμική ακτινοβολία
1929	Αγγλία	Κατασκευάζεται ηλεκτρονική κάμερα για την καταγραφή της θερμικής ακτινοβολίας για στρατιωτικούς σκοπούς
1940s	Horvath and Hollander	Χρήση της θερμοκρασίας σαν μέσο παρακολούθησης διαφόρων θεραπειών
1959	Pyroscan	Πρώτη ιατρική χρήση της θερμογραφίας για την εξέταση αρθρώσεων με αρθριτικά

Πηγή: <https://academic.oup.com/rheumatology/article/43/6/800/1784527>

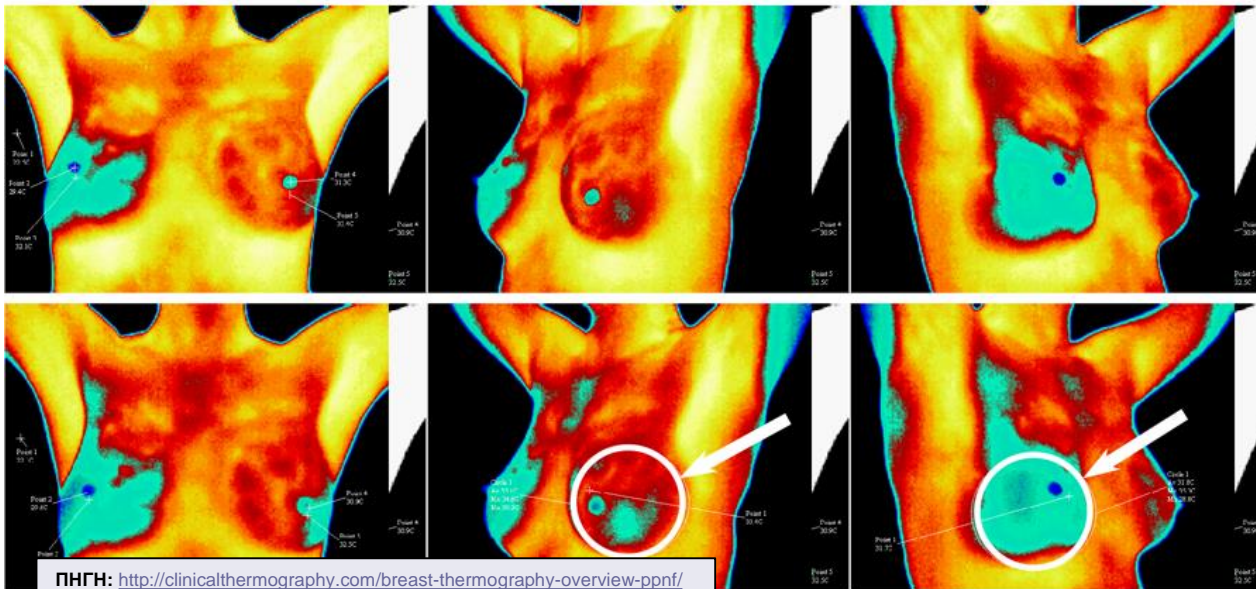


# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η θερμογραφία είναι μια τεχνική μέσω της οποίας μπορούμε να μελετήσουμε την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το ανθρώπινο σώμα και να εξετάσουμε διάφορες παθήσεις, όπως μυϊκούς τραυματισμούς, εμπύρετες ασθένειες ακόμα και κακοήθειες (θερμομαστογραφία)

Η πάσχουσα περιοχή μπορεί να εμφανίζεται ψυχρή ή θερμή ανάλογα με την πάθηση.

## Εφαρμογή: Μαστογραφία

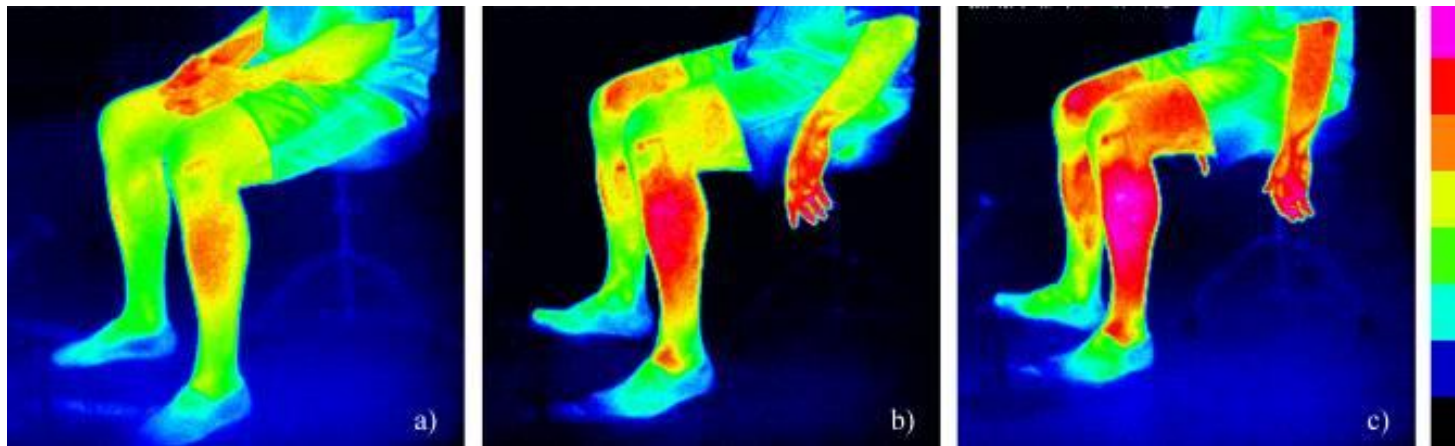


# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η θερμογραφία είναι μια τεχνική μέσω της οποίας μπορούμε να μελετήσουμε την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το ανθρώπινο σώμα και να εξετάσουμε διάφορες παθήσεις, όπως μυϊκούς τραυματισμούς, εμπύρετες ασθένειες ακόμα και κακοήθειες (θερμομαστογραφία)

Η πάσχουσα περιοχή μπορεί να εμφανίζεται ψυχρή ή θερμή ανάλογα με την πάθηση.

**Εφαρμογή: Μυϊκή προσπάθεια**

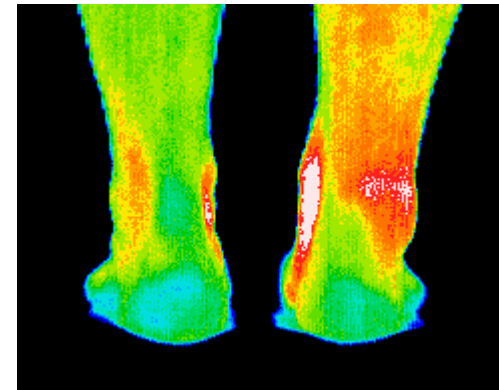
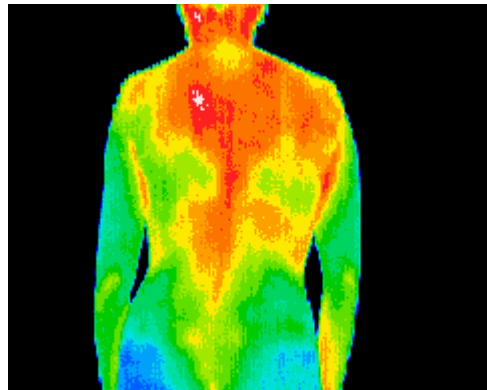
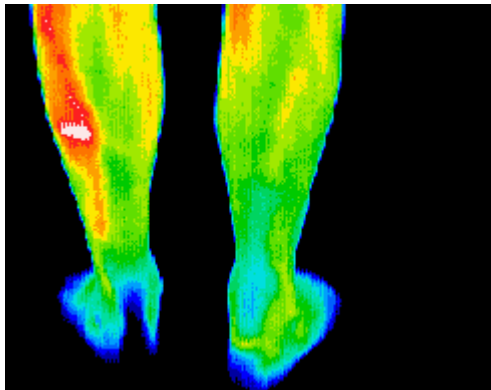


# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η θερμογραφία είναι μια τεχνική μέσω της οποίας μπορούμε να μελετήσουμε την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το ανθρώπινο σώμα και να εξετάσουμε διάφορες παθήσεις, όπως μυϊκούς τραυματισμούς, εμπύρετες ασθένειες ακόμα και κακοήθειες (θερμομαστογραφία)

Η πάσχουσα περιοχή μπορεί να εμφανίζεται ψυχρή ή θερμή ανάλογα με την πάθηση.

**Εφαρμογή: Τραυματισμοί**



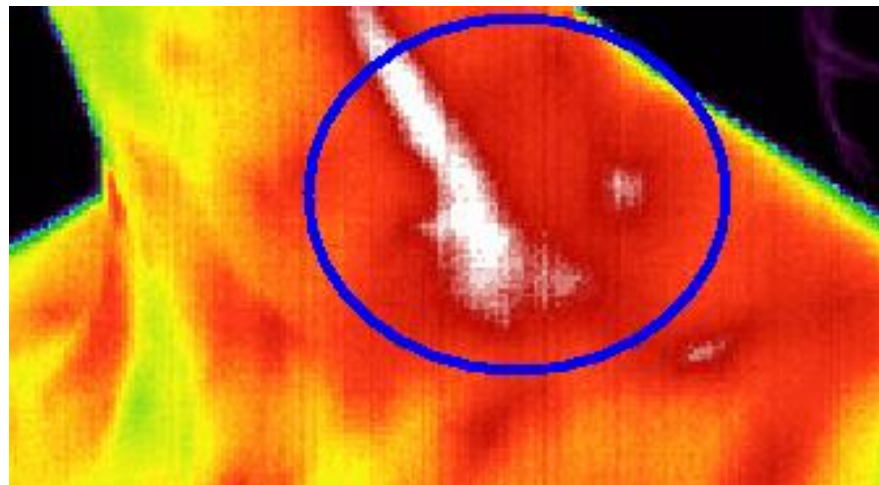
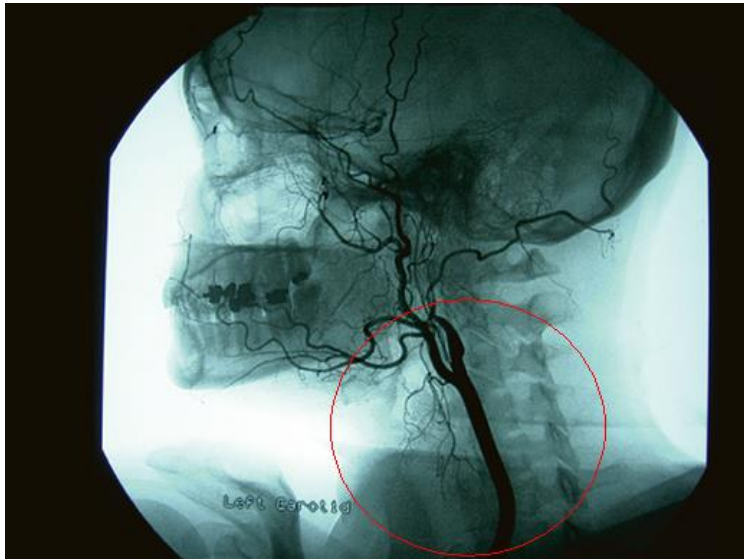
ΠΗΓΗ: <http://valdostahealth.com/thermography/>

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η θερμογραφία είναι μια τεχνική μέσω της οποίας μπορούμε να μελετήσουμε την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το ανθρώπινο σώμα και να εξετάσουμε διάφορες παθήσεις, όπως μυϊκούς τραυματισμούς, εμπύρετες ασθένειες ακόμα και κακοήθειες (θερμομαστογραφία)

Η πάσχουσα περιοχή μπορεί να εμφανίζεται ψυχρή ή θερμή ανάλογα με την πάθηση.

**Εφαρμογή: Αγγειακές μελέτες (καρωτίδα αρτηρία)**

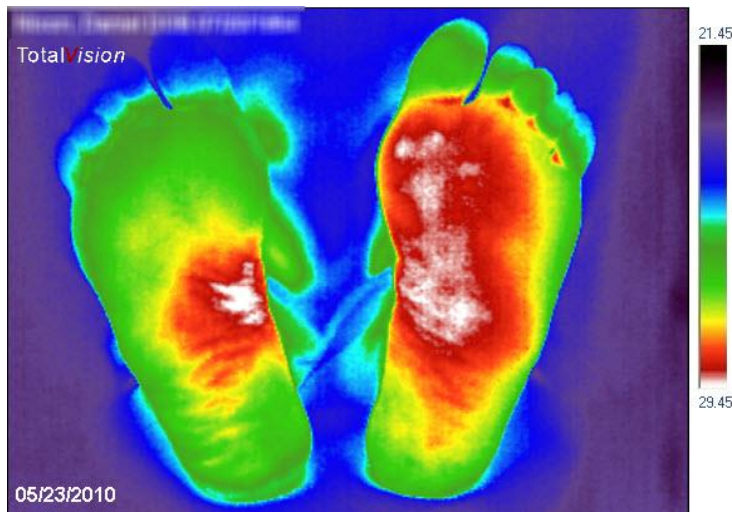


# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**1. Απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας:** Η θερμογραφία είναι μια τεχνική μέσω της οποίας μπορούμε να μελετήσουμε την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το ανθρώπινο σώμα και να εξετάσουμε διάφορες παθήσεις, όπως μυϊκούς τραυματισμούς, εμπύρετες ασθένειες ακόμα και κακοήθειες (θερμομαστογραφία)

Η πάσχουσα περιοχή μπορεί να εμφανίζεται ψυχρή ή θερμή ανάλογα με την πάθηση.

**Εφαρμογή: Διαβήτης**



# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**2. Απώλεια θερμότητας μέσω διάδοσης:** Εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δέρματος και αέρα καθώς και από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

- Σε συνθήκες άπνοιας για 25°C η απώλεια θερμότητας είναι περίπου 25kcal/hour, περίπου το 25% της συνολικής απώλειας θερμότητας του σώματος.
- Με συνθήκες, όμως, υψηλών ανέμων, η απώλεια θερμότητας μπορεί να αυξηθεί σημαντικά έως και να διπλασιαστεί.
- Για αυτό το λόγο πολλές φορές τα δελτία καιρού δίνουν δύο θερμοκρασίες, η πρώτη αφορά την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η δεύτερη αφορά την θερμοκρασία που εμείς νιώθουμε παρουσία ανέμων. Η δεύτερη θερμοκρασία είναι συνήθως χαμηλότερη από την πρώτη

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**3. Απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης:** Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί κυρίως σε αυξημένες ανάγκες αποβολής θερμότητας από το σώμα, όπως όταν για παράδειγμα έχουμε έντονη άσκηση ή όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι πολύ υψηλές

- Στην καθημερινή ζωή, σε συνήθεις θερμοκρασίες, ο μηχανισμός αυτός συνεισφέρει πολύ λίγο στην συνολική απώλεια θερμότητας του σώματος
- Σε συνθήκες άπνοιας για 25°C η απώλεια θερμότητας λόγω εφίδρωσης είναι περίπου 7kcal/hour, περίπου το 7% της συνολικής απώλειας θερμότητας του σώματος.
- Ένας παρόμοιος τρόπος αποβολής θερμότητας είναι και η αναπνοή

# ΓΛΩΣΣΑΡΙ - ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ

**Πηγή:** Διαδικτυακή πηγή από την οποία ανακτήθηκαν τα δεδομένα (π.χ. εικόνες, γραφήματα, πίνακες)

**Εκπαιδευτική προβολή:** Διαδικτυακό βίντεο που περιγράφει βασικές αρχές λειτουργίας και εφαρμογές

**Ασκήσεις:** Άλυτες ασκήσεις για μελέτη στο σπίτι