



Medical Physics/ First Stage

الفيزياء الطبية / المرحلة الأولى

Third Lecture

المحاضرة الثالثة

# *Energy, work and power of the body.*

الطاقة والعمل وقوة الجسم.

What we study in this lec.:

ما ندرسه في هذا المحاضرة:

By Ass. Lec. Maher Hadi

بواسطة الحمار. ليك. ماهر هادي

- Energy Metabolism (BMR) Unit of energy  
• استقلاب الطاقة (BMR) وحدة الطاقة
- Factors affecting basal metabolic rate  
• العوامل المؤثرة على معدل الأيض الأساسي
- Energy Expenditure  
• إنفاق الطاقة
- Components of Daily Energy Expenditure  
• مكونات الإنفاق اليومي من الطاقة
- Energy Changes In The Body:

## • تغيرات الطاقة في الجسم:



# Energy: is defined as the ability to do work

الطاقة: تعرف بأنها القدرة على بذل شغل

• The body is constantly using energy to perform tasks such as breathing, digesting food, and maintaining a constant body temperature.

• This energy is obtained from the food we consume, which is converted into chemical energy through a process called metabolism.

تحويلها إلى طاقة كيميائية من خلال عملية التمثيل الغذائي

All activities in the body, including energy changes.

جميع الأنشطة في الجسم، بما في ذلك تغيرات الطاقة.

Converting energy into work, such as lifting weights or riding a bicycle, represents only a small part of the body's total energy transformations.

فالدراجة لا تمثل سوى جزء صغير من إجمالي طاقة الجسم

The body uses the food energy to:

يستخدم الجسم الطاقة الغذائية من أجل:

1-Operate its different organs.

1- تشغيل أعضائه المختلفة.

2-Keep a constant body temperature.

2-المحافظة على درجة حرارة ثابتة للجسم.

3-Do external work.

3-القيام بأعمال خارجية.



# Metabolism (BMR): is the set of biochemical reactions that occur in the body to maintain life and sustain bodily functions.

(الاستقلاب (BMR): هو مجموعة من التفاعلات الكيميائية الحيوية التي تحدث في الجسم

الجسم للحفاظ على الحياة والحفاظ على وظائف الجسم.

➤ Factors affecting basal metabolic rate:

1. **Basal metabolic rate depends on the function of the thyroid gland.** A person with hyperthyroidism has a higher basal metabolic rate than a person with normal thyroid function.

من الشخص الذي يتمتع بوظيفة الغدة الدرقية الطبيعية.

2. **Basal metabolic rate is related to the surface area or mass of the body.** The energy used in basal metabolism is converted into heat that is dissipated from the skin.

الذي يتدفق من الجلد.

3. **Metabolic rate depends largely on body temperature.**

3. يعتمد معدل التمثيل الغذائي إلى حد كبير على درجة حرارة الجسم.

**Any energy that is left over is stored as body fat.**

يتم تخزين أي طاقة متبقية على شكل دهون في الجسم.

We can calculate BMR using different formulas, the most common being the Mifflin-St Jeor Equation

يمكننا حساب معدل الأيض الأساسي (BMR) باستخدام صيغ مختلفة، وهي الأكثر شيوعاً هي معادلة ميفلين-سانت جيور

# Mifflin-St Jeor Equation

معادلة ميفلين-سانت جيور

This equation is used to estimate the Basal Metabolic Rate (BMR), which is the number of calories the body needs at rest to maintain basic physiological functions such as breathing and circulation.

التنفس والدورة الدموية.

Formula:

صيغة:

1. For Men:

$BMR=10\times \text{mass (kg)}+6.25\times \text{height (cm)}-5\times \text{age (years)}+5$

الرجاء:  $BMR=10\times \text{وزن (كجم)}+6.25\times \text{الارتفاع (سم)}-5\times \text{العمر (بالسنوات)}+5$

2. For Women:

2. للنساء:

$BMR=10\times \text{mass (kg)}+6.25\times \text{height (cm)}-5\times \text{age (years)}-161$

$161 - 5 \times \text{العمر (بالسنوات)} - 10 \times \text{الكتلة (كجم)} + 6.25 \times \text{الارتفاع (سم)}$

# Mifflin-St Jeor Equation

معادلة ميفلين-سانت جيور

This equation is used to estimate the Basal Metabolic Rate (BMR), which is the number of calories the body needs at rest to maintain basic physiological functions such as breathing and circulation.

في حالة الراحة للحفاظ على الوظائف الفسيولوجية الأساسية مثل التنفس والدورة الدموية.

Formula:

صيغة:

## 1. For Men:

$$BMR = 10 \times \text{mass (kg)} + 6.25 \times \text{height (cm)} - 5 \times \text{age (years)} + 5$$

معدل الأيض الأساسي =  $10 \times \text{الكتلة (كجم)} + 6.25 \times \text{الارتفاع (سم)} - 5 \times \text{العمر (بالسنوات)} + 5$

## 2. For Women

2. للنساء:

$$BMR = 10 \times \text{mass (kg)} + 6.25 \times \text{height (cm)} - 5 \times \text{age (years)} - 161$$

معدل الأيض الأساسي =  $10 \times \text{الكتلة (كجم)} + 6.25 \times \text{الارتفاع (سم)} - 5 \times \text{العمر (بالسنوات)} - 161$

**Example 1:** Calculate the basal metabolic rate (BMR) using the Mifflin-St. Jeor equation for a 30-year-old man, weighing 70 kg and standing 175 cm tall.

يقف 175 سم.

**Solution:**

Gender: Male // ((mass: 70 kg) // (Height: 175 cm) // (Age: 30 years))

الجنس: ذكر // ((الكتلة: 70 كجم) // (الارتفاع: 175 سم) // (العمر: 30 سنة))

معدل الأيض الأساسي =  $10 \times \text{الكتلة (كجم)} + 6.25 \times \text{الارتفاع (سم)} - 5 \times \text{العمر (بالسنوات)} + 5$

$$BMR = (10 \times 70) + (6.25 \times 175) - (5 \times 30) + 5 \rightarrow (700) + (1093.75) - (150 + 5)$$

معدل الأيض الأساسي =  $(10 \times 70) + (6.25 \times 175) - (5 \times 30) + 5 = (700) + (1093.75) - (150 + 5)$

**BMR ≈ 1649 calories/day** (approximately) This is your basal metabolic rate (calories your body burns at rest).

لسعرات الحرارية التي يحرقها جسمك أثناء الراحة BMR ≈ 1649

## Example2:

Calculate the Basal Metabolic Rate (BMR) using the Mifflin-St Jeor equation for a 30-year-old woman, weighing 70 kg and standing 175 cm tall.

وزنه 70 كجم وطوله 175 سم.

**Solution:** Gender: feMale // ((mass: 70 kg)/(Height: 175 cm)/(Age: 30 years))

أنثى // ((الكتلة: 70 كجم) // (الارتفاع: 175 سم) // (العمر: 30 سنة))

**Equation for Women:**

المعادلة للنساء:

$$BMR = 10 \times \text{mass (kg)} + 6.25 \times \text{height (cm)} - 5 \times \text{age (years)} - 161$$

معدل الأيض الأساسي =  $10 \times \text{الكتلة (كجم)} + 6.25 \times \text{الارتفاع (سم)} - 5 \times \text{العمر (بالسنوات)} - 161$

$$BMR = (10 \times 70) + (6.25 \times 175) - (5 \times 30) - 161$$

معدل الأيض الأساسي =  $161 - (30 \times 5) - (175 \times 6.25) + (70 \times 10)$

$$(700 + 1093.75) = 1793.75 \rightarrow 1793.75 - 150 = 1643.75 \rightarrow 1643.75 - 161$$

$$1643.75 - 161 = 1482.75 \approx 1483$$

**BMR ≈ 1483 kcal/day**

معدل الأيض الأساسي 1483 سعرة حرارية/يوم

This reflects the natural physiological differences in body composition, as men generally have a higher muscle mass and a higher basal metabolic rate compared to women of the same weight, height, and age.

معدل الأيض مقارنة بالنساء من نفس الوزن والطول والعمر.



# Unit of energy

وحدة الطاقة

- - A convenient unit for expressing the rate of energy consumption of the body is the met. The met is defined as 50 kcal/m<sup>2</sup> of body surface area per hour.

مناسبة للتعبير عن معدل استهلاك الجسم للطاقة هي الميت. الميت هو

- - The most widely accepted physics units for energy is Newton-meter or joule (J).

• - الوحدات الفيزيائية الأكثر قبولاً للطاقة هي نيوتن متر أو الجول (J).

- **summarized as follows:**

• ملخصاً عن التحويل:

$$1 \text{ kcal} = 4184 \text{ J}$$

1 كيلو كالوري = 4184 ج

$$1 \text{ J} = 107 \text{ ergs}$$

1 ي = 107 إرج

$$1 \text{ kcal/hr} = 1.162 \text{ W}$$

1 سرعة حرارية/ساعة = 1.162 واط

$$1 \text{ met} = 50 \text{ kcal/m}^2$$

1 ميت = 50 سرعة حرارية/م<sup>2</sup>

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{min}} = 69.7 \text{ W}$$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{min}} = 69.7 \text{ واط}$$

## Example:1

مثال:1

Convert 2 kilocalories (kcal) to joules (J).

تحويل 2 سعرة حرارية (كيلو كالوري) إلى جول (J).

**Solution:**

حل:

We know the conversion factor:

نحن نعرف عامل التحويل:

$$2\text{kcal}=2\times 4184=8368\text{J}.$$

$$2\text{kcal}=2\times 4184=8368\text{J}.$$

## Example:2

مثال:2

Convert 5000 joules (J) to kilocalories (kcal).

تحويل 5000 جول (J) إلى سعرة حرارية (كيلو كالوري).

**Sol:** We know that: 1 kilocalorie (kcal) = 4184 joules (J).

نحن نعلم أن: 1 كيلو سعر حراري = 4184 جول.

To convert from joules to kilocalories, divide the number of joules by 4184.

$$\text{للتحويل من الجول إلى كيلو سعر حراري، قم بقسمة عدد الجول على 4184.}$$
$$5000 \div 4184 \approx 1.195 \text{ kcal}$$

سعر حراري



# The first law of thermodynamics can be written as

يمكن كتابة القانون الأول للديناميكا الحرارية على النحو التالي:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$

Where,  $\Delta U$  Is the change in stored energy.

حيث  $\Delta U$  هو التغير في الطاقة المخزنة.

$\Delta Q$  Is the heat lost or gained.

هل الحرارة المفقودة أم المكتسبة؟  $\Delta Q$

$\Delta W$  Is the work done by the body

هو الشغل الذي يبذله الجسم  $\Delta W$

Work of the body

عمل الجسم

From the description of energy (ability to do work), we can conclude that where energy resides, there is an ability to do work. Therefore, because cells of the body store energy, they can do work.

من وصف الطاقة (القدرة على بذل شغل)، يمكننا أن نستنتج أن الطاقة هي

يوجد، هناك القدرة على القيام بالعمل. ولذلك، لأن خلايا الجسم تخزن الطاقة،

يمكنهم القيام بالعمل.

The internal energy stored ( $\Delta U$ ) during break down of a molecule can do work ( $\Delta W$ )

الطاقة الداخلية المخزنة ( $\Delta U$ ) أثناء تحلل الجزيء يمكنها بذل شغل ( $\Delta W$ )

and release heat ( $\Delta Q$ ) which can be given according to the first law of thermodynamics

وإطلاق الحرارة ( $\Delta Q$ ) التي يمكن الحصول عليها وفقا للقانون الأول للديناميكا الحرارية

as follows:

على النحو التالي:

change in stored energy in the body = heat lost or gained – work done by

التغير في الطاقة المخزنة في الجسم = الحرارة المفقودة أو المكتسبة – الشغل المبذول

(i.e. food energy, body fat and body heat) of the body

(أي الطاقة الغذائية ودهون الجسم وحرارة الجسم) من الجسم  
الطاقة واستهلاكها في الجسم

## Energy in the Human Body

الطاقة في جسم الإنسان

What is Energy Expenditure?

ما هو إنفاق الطاقة؟

The amount of energy used for vital functions & physical activities (measured in kcal).

كمية الطاقة المستخدمة للوظائف الحيوية والنشاط البدني

الأنشطة (تقاس بالسرعات الحرارية).

Key Factors:

العوامل الرئيسية:

- Physical activity level
- Body weight & composition
- Intensity & duration of activity

• مستوى النشاط البدني

• وزن الجسم وتركيبه

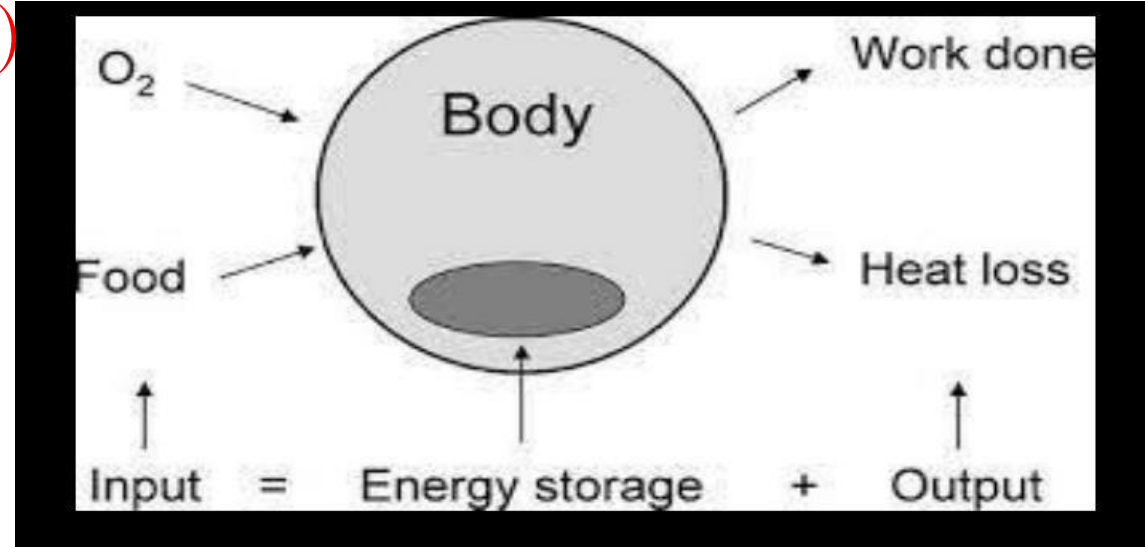
Forms of Energy in the Body:

أشكال الطاقة في الجسم:

- Potential Energy (stored: chemical, gravitational)
- Kinetic Energy (motion: muscle work, circulation)

• الطاقة الكامنة (المخزنة: الكيميائية، الجاذبية)

• الطاقة الحركية (الحركة: عمل العضلات، الدورة الدموية)



# Components of Daily Energy Expenditure

مكونات نفقات الطاقة اليومية

## The Three Pillars of Energy Expenditure

## الركائز الثلاث لإنفاق الطاقة

### 1. Basal Metabolic Rate (BMR) / Resting Metabolic Rate (RMR)

1. معدل الأيض الأساسي (BMR) / معدل الأيض أثناء الراحة (RMR)

60-70% of total daily energy expenditure

60-70% من إجمالي إنفاق الطاقة اليومي

Energy used for essential life functions at complete rest:

الطاقة المستخدمة للقيام بوظائف الحياة الأساسية في حالة الراحة الكاملة:

- Maintaining body temperature
- Powering vital organs (heart, lungs, brain)
- Cell repair and regeneration
- Basic neurological functions

• الحفاظ على درجة حرارة الجسم

• تزويد الأعضاء الحيوية بالطاقة (القلب، الرئتين، الدماغ)

• إصلاح الخلايا وتجديدها

• الوظائف العصبية الأساسية

### 2. Thermic Effect of Food (TEF)

2. التأثير الحراري للأغذية (TEF)

Approximately 10% of total daily energy expenditure

ما يقرب من 10% من إجمالي نفقات الطاقة اليومية

Energy required to digest, absorb, and process nutrients:

الطاقة اللازمة لهضم وامتصاص ومعالجة العناصر الغذائية:

- Chewing and swallowing
  - 2• Enzyme production
  - 3• Nutrient absorption & transport
  - 4• Storing excess energy
- المضغ والبلع 2 • إنتاج الإنزيمات 3 • امتصاص العناصر الغذائية ونقلها 4 • تخزين الطاقة الزائدة

### 3. Energy Expenditure of Activity (EEA)

3. نفقات الطاقة للنشاط (EEA)

20-30% of total daily energy expenditure (most variable component)

20-30% من إجمالي إنفاق الطاقة اليومي (العنصر الأكثر متغيراً)

## The Complete Energy Equation

معادلة الطاقة الكاملة

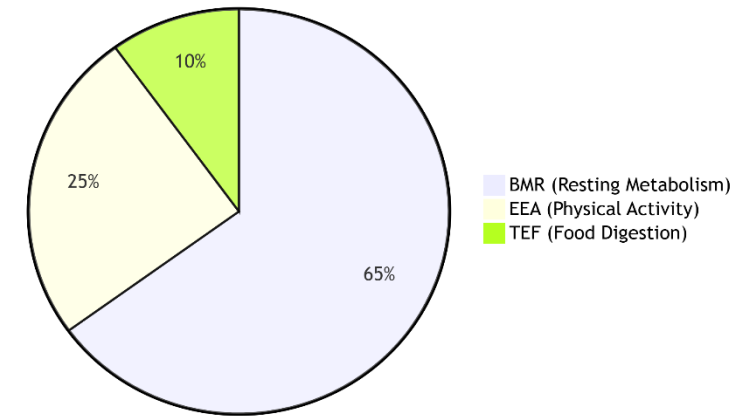
**Total Daily Energy Expenditure (TDEE) Formula:**

صيغة إجمالي إنفاق الطاقة اليومي (TDEE):

**TDEE=BMR+TEF+EEA**

**TDEE=BMR+TEF+EEA**

Expenditure Distribution (Moderately Active Individual)



# ➤ Energy expenditure rates in the body's organs at

□ معدلات صرف الطاقة في أعضاء الجسم عند **rest**

- Under resting conditions about 25% of the body's energy is being used by the **skeletal muscles** and the **heart**,  
• في ظروف الراحة يتم استخدام حوالي 25% من طاقة الجسم العضلات الهيكلية والقلب،
- 19% Is Being Used By The Brain,  
19% يستخدمها الدماغ،
- 10% Is Being Used By The Kidneys, And  
10% تستخدم عن طريق الكلى، و
- 27% Is Being Used By The Liver And The Spleen.  
27% يستخدم من قبل الكبد والطحال.
- A Small Percent Of About 5% Of Food Energy Being Excreted In Feces And Urine  
يتم إخراج نسبة صغيرة من حوالي 5% من الطاقة الغذائية في البراز والبول

## Methods of Measuring Energy Expenditure

- Heart rate monitors.  
أجهزة مراقبة معدل ضربات القلب
- Activity trackers (e.g., smartwatches).  
أجهزة تتبع النشاط (مثل الساعات الذكية)
- Respiratory Gas Analysis:  
تحليل الغازات التنفسية
- Measuring oxygen consumption to determine metabolic rate during activity.  
قياس استهلاك الأكسجين لتحديد معدل الأيض أثناء النشاط.

# H.W

الأب

**Question 1:** Calculating Basal Metabolic Rate (Mifflin-St Jeor Equation) Problem: Calculate the Basal Metabolic Rate (BMR) for each of the following two cases: Case A: A 35-year-old man, weighing 80 kg, and 180 cm tall Case B: A 28-year-old woman, weighing 65 kg, and 165 cm tall

وطوله 165 سم

**Question2:** An energy drink label states that it provides 85,000 Joules of energy.

Calculate how many kilocalories (kcal) this is equivalent to, using the conversion?

احسب كم عدد السعرات الحرارية (kcal) المكافئة باستخدام التحويل؟