



Ahl Al Bayt University

جامعة أهل الـ

College of Medical & Health Technologies

كلية التقنيات الطبية والصحية

Department Anesthesia Techniques and laser

قسم تقنيات المخدر والليزر

Medical Physics/ First Stage

الفيزياء الطبية / المرحلة الأولى

Third Lecture

المحاضرة الثالثة

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

الطاقة والعمل وقومة الجسم

What we study in this lec.:

ما ندرس في هذا المحاضرة:

By Ass. Lec. Maher Hadi

بواسطة الحمار. ليك. ماهر هادي

- Energy Metabolism (BMR)      Unit of energy  
• استهلاك الطاقة (BMR) وحدة الطاقة
- Factors affecting basal metabolic rate  
• المؤثرات 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 التسخين

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.

الجسم للحفاظ على الحياة والحفاظ على وظائف الجسم.

► Factors affecting basal metabolic rate:

**العوامل التي تؤثر على المعدل الأيضي:** 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.

**مساحة سطح الجسم أو كتلته.** يتم تحويل الطاقة المستخدمة في عملية التمثيل الغذائي الأساسي إلى حرارة

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 متباعدة على شكل دهون في الجسم.**

We can calculate BMR using different formulas, the

يمكننا حساب معدل الأيض الأساسي (BMR) باستخدام صيغ مختلفة، وهي

most common being the Mifflin-St Jeor Equation

**الأكثر شيوعا هي معادلة ميفلين-سانت جير**

# Mifflin-St Jeor Equation

معادلة ميفلين-سانت جير

تستخدم هذه المعادلة لتقدير معدل الأيض الأساسي (BMR)، وهو عدد السعرات الحرارية التي يحتاجها الجسم لإنقاذ الطاقة على رفقاء التمثيلية الأساسية مثل التنفس والدورة الدموية.

التنفس والدورة الدموية.

Formula:

صيغة:

1. For Men:

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

2. For Women:

2. للنساء:

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

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

## Mifflin-St Jeor Equation

معادلة ميفلين-سانت جور

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

### 2. For Women:

2. النساء:

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

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. Jour equation for a 30-year-old man, weighing 70 kg and standing 175 cm tall.

نحو 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))

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

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

معدل الأيض الأساسي =  $(700) + (1093.75) - (150) + 5$

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

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

لسرارات الحرارية التي يحرقها جسمك أثناء الراحة 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))

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

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

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

**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.

نسبة مناسبة للتعبير عن معدل استهلاك الجسم للطاقة حرارية هي **50 سعرة حرارية / متر مربع في الساعة**

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

• الوحدات الفيزيائية الأكثر قبولًا للطاقة هي نيوتن متر أو جول (J).

- summarized as follows:

• ملخصة على النحو التالي:

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

1 كيلو كالوري = 4184 ج

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

1 جي = 107 إرجز

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

1 سعرة حرارية/ساعة = 1.162 واط

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

1 ميت = 50 سعرة حرارية/م<sup>2</sup>

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

$$1 \frac{\square\square\square}{\square\square\square} == 69.7 \text{ واط}$$

## Example:1

مثال 1:

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

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

### Solution:

حل:

We know the conversion factor:

نعلم بعزم 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 سعر حرارية (كيلو كالوري).

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

نعلم أن: 1 كيلو سعر حراري = 4184 جول (J).

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

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

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

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

resides, there is an ability to do work. Therefore, because cells of the body store energy,

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

they can do work.

يمكّنهم 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

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  
الطاقة واستهلاكها في الجسم

## Energy in the Human Body

### 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 والجسدية

الأنشطة (قياس بالحرارة الحرارية)

Key Factors:

العامل الرئيسي

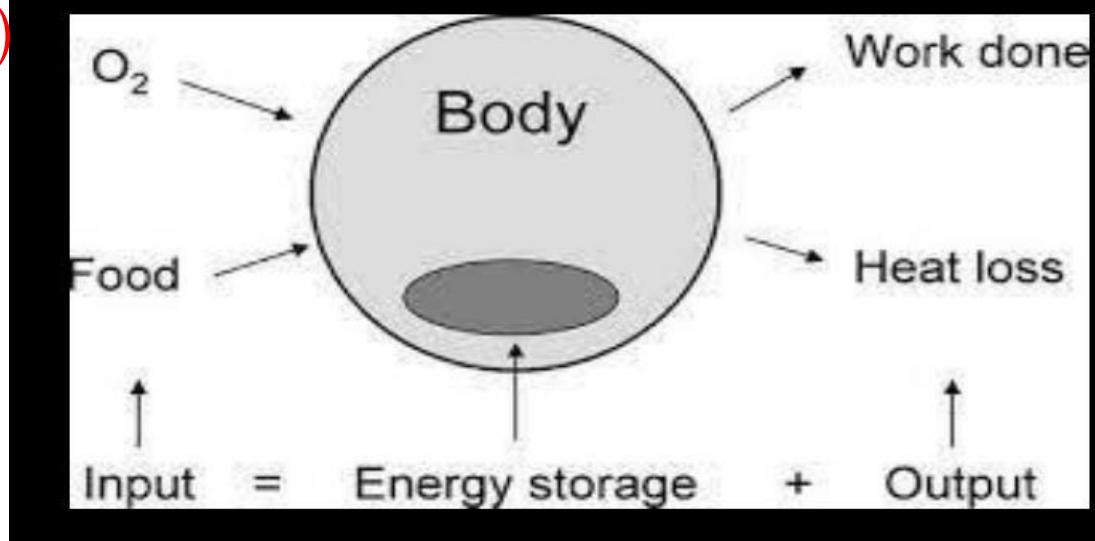
- Physical activity level
- Body weight & composition
- Intensity & duration of activity

### Forms of Energy in the Body:

أشكال الطاقة في الجسم

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

• 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:

- Maintaining body temperature  
• الحفاظ على درجة حرارة الجسم
- Powering vital organs (heart, lungs, brain)  
• تزويد الأعضاء الحيوية بالطاقة (القلب، الرئتين، الدماغ)
- Cell repair and regeneration  
• إصلاح الخلايا وتجديدها
- Basic neurological functions  
• 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 ل搣ض وامتصاص ومعالجة العناصر الغذائية:

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

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

3. نفقات الطاقة النشاط (EEA)

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

20-30% من إجمالي إنفاق الطاقة اليومي (المصدر الأكبر تغيره)

The Complete Energy Equation

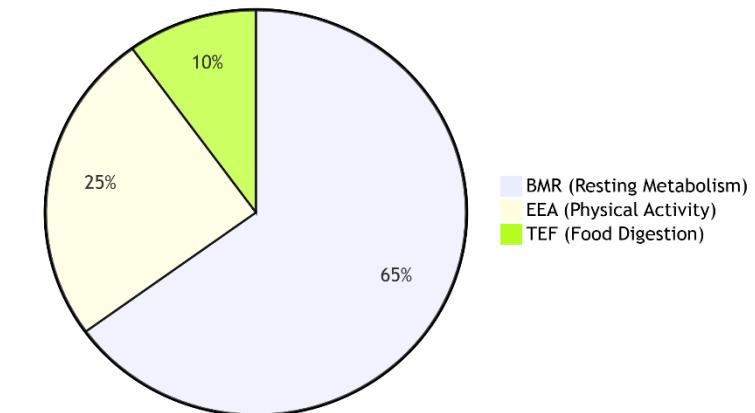
معادلة الطاقة الكلية

Total Daily Energy Expenditure (TDEE) Formula:

TDEE=BMR+TEF+EEA

TDEE=BMR+TEF+EEA

Expenditure Distribution (Moderately Active Individual)



BMR (Resting Metabolism)  
EEA (Physical Activity)  
TEF (Food Digestion)

# ► 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 للعضلات الهيكلية والقلب،
- 19% Is Being Used By The Brain,  
• 19% يستخدمها الدماغ،
- 10% Is Being Used By The Kidneys, And  
• 10% يستخدم 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.  
• مراقب معدل跳动的心率.
- Activity trackers (e.g., smartwatches).  
• جهاز تتبع الأنشطة مثل ساعات ذكاء.
- Respiratory Gas Analysis:  
• تحليل الغازات التنفسية.
- Measuring oxygen consumption to determine metabolic rate during activity.  
• قياس استهلاك الأكسجين لتحديد سرعة metabolism أثناء النشاط.



الأ

**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) المكافأة باستخدام التحويل؟