



Ahl Al Bayt University

جامعة أهل البيت

College of Medical & Health Technologies

كلية التقنيات الطبية والصحية

Department AnesthesiaTechniques and laser

قسم تقنيات التخدير والليزر

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 ندرس في هذا المحاضر:

By Ass. Lec. Maher Hadi

مع المدرس المساعد 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

• يستخدم الجسم الطاقة باستمرار لأداء مهام مثل  
breathing, digesting food, and maintaining a constant body

التنفس، وهضم الطعام، والحفاظ على ثبات الجسم  
temperature.

درجة حرارة.

.This energy is obtained from the food we consume, which is

• يتم الحصول على هذه الطاقة من الطعام الذي نستهلكه، وهو  
converted into chemical energy through a process called

تحويلها إلى طاقة كيميائية من خلال عملية تسمى  
metabolism.

الاستقلاب.

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

تحويل الطاقة إلى عمل، مثل رفع الأثقال أو ركوب الخيل  
bicycle, represents only a small part of the body's total energy

فالدراجة لا تمثل سوى جزء صغير من إجمالي طاقة الجسم  
transformations.

التحولات.

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

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

body to maintain life and sustain bodily functions.

الجسم للحفاظ على الحياة والحفاظ على وظائف الجسم.

Factors affecting basal metabolic rate:

العوامل المؤثرة على معدل الأيض الأساسي:

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

1. يعتمد معدل الأيض الأساسي على وظيفة الغدة الدرقية. الشخص المصابة بفرط نشاط الغدة الدرقية لديه معدل أرضي أعلى

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

2. يرتبط معدل الأيض الأساسي بمساحة سطح الجسم أو كتلته. يتم تحويل الطاقة المستخدمة في عملية التمثيل الغذائي الأساسي إلى حرارة

that is dissipated from the skin.

الذي يتبدد 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 متبعة 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 جور

## 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.

تستخدم هذه المعادلة لتقدير معدل الأيض الأساسي (BMR)، وهو عدد السعرات الحرارية التي يحتاجها الجسم أثناء الراحة للحفاظ على الوظائف الفسيولوجية الأساسية مثل التنفس والدورة الدموية.

Formula:

صيغة:

1. For Men:

1. الرجال:

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

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

2. For Women:

2. النساء:

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

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

## Mifflin-St Jeor Equation

معادلة ميفلين-سانست جور

This equation is used to estimate the Basal Metabolic Rate (BMR), which is the number of calories the body needs

تستخدم هذه المعادلة لتقدير معدل الأيض الأساسي (BMR)، وهو عدد السعرات الحرارية التي يحتاجها الجسم  
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:

1، الرجال:

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

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

2. For Women:

2، النساء:

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

Example1: Calculate the basal metabolic rate (BMR) using the Mifflin-St. Jour equation for a 30-year-old man, weighing 70 kg and

مثال 1: حساب معدل الأيض الأساسي (BMR) باستخدام معادلة جور لرجل عمره 30 سنة،

standing 175 cm tall.

يقف 175 سم.

حل:

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

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

$$\begin{aligned} BMR &= (10 \times 70) + (6.25 \times 175) - (5 \times 30) + 5 && (700) + (1093.75) - (150) + 5 \\ &= (5 + 150) - (1093.75) + (700) && \rightarrow \end{aligned}$$

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

BMR = 1649 (نحو) هذا هو معدل الأيض الأساسي (السعرات الحرارية التي يحرقها جسمك أثناء الراحة).

## Example2:

Calculate the Basal Metabolic Rate (BMR) using the Mifflin-St Jeor equation for a 30-year-old woman,  
حساب معدل الأيض الأساسي (BMR) باستخدام معادلة ميفلين-سانت جور لامرأة تبلغ من العمر 30 عاماً،  
weighing 70 kg and standing 175 cm tall.  
وزنه 70 كجم وطوله 175 سم.

Solution: Gender: fe

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

Equation for Women:  
المعادلة للنساء:

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

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

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

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

$$(700 + 1093.75) = 1793.75 \quad 1793.75 - 150 = 1643.75 \quad 1643.75 - 161 \rightarrow 1483$$

$(700 + 1093.75) = 1793.75$     $1793.75 - 150 = 1643.75$     $1643.75 - 161 \rightarrow 1483$

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.  
وهذا يعكس الاختلافات الفيزيولوجية الطبيعية في تكوين الجسم، حيث أن الرجال عموماً لديهم كتلة عضلية أعلى وأعواد أعلى مقارنة بنساء 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.
  - وحدة مناسبة للتعبير عن معدل استهلاك الجسم للطاقة هي المت. التقى هو يتم تعريفها على أنها 50 سعرة حرارية / م<sup>2</sup> من مساحة سطح الجسم في الساعة.

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

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

- summarized as follows:

- ملخصة على النحو التالي:

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

$$1 \text{ كيلو كالوري} = 4184 \text{ ج}$$

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

$$1 \text{ ي} = 107 \text{ إرج}$$

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

$$1 \text{ سعرة حرارية/ساعة} = 1.162 \text{ واط}$$

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

$$1 \text{ ميت} = 50 \text{ سعرة حرارية/م}^2$$

$$\dots \\ \underline{\underline{1}} = 69.7 \text{ W}$$

$$\underline{\underline{1}} = 69.7 \text{ واط}$$

## 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).

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

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

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

للحويل من الجول إلى كيلو سعر حراري، قم بقسمة عدد الجول على 4184.

$$4184 \frac{5000}{4184} \approx 1.195 \text{ kcal}$$

سعر حراري

The first law of thermodynamics can be written as

يمكن كتابة القانون الأول للديناميكا الحرارية على النحو التالي:

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = Q + \Delta U$$

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

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

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

هل الحرارة المفقودة أم المكتسبة؟  $Q$

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

هو الشغل الذي يبذله الجسم  $W$

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.

يمكنهم القيام بالعمل.

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

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

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

إطلاق الحرارة ( $-Q$ ) التي يمكن الحصول عليها وفقاً 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 واس هتالكها يف اجلسم

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

كمية الطاقة المستخدمة للوظائف الحيوية والجسدية

activities (measured in kcal).

الأنشطة (تقاس بالسعرات الحرارية).

Key Factors:

العوامل الرئيسية:

- Physical activity level

- مستوى النشاط البدني

- Body weight & composition

- وزن الجسم وتكونه

- Intensity & duration of activity

- كثافة ومدة النشاط

Forms of Energy in the Body:

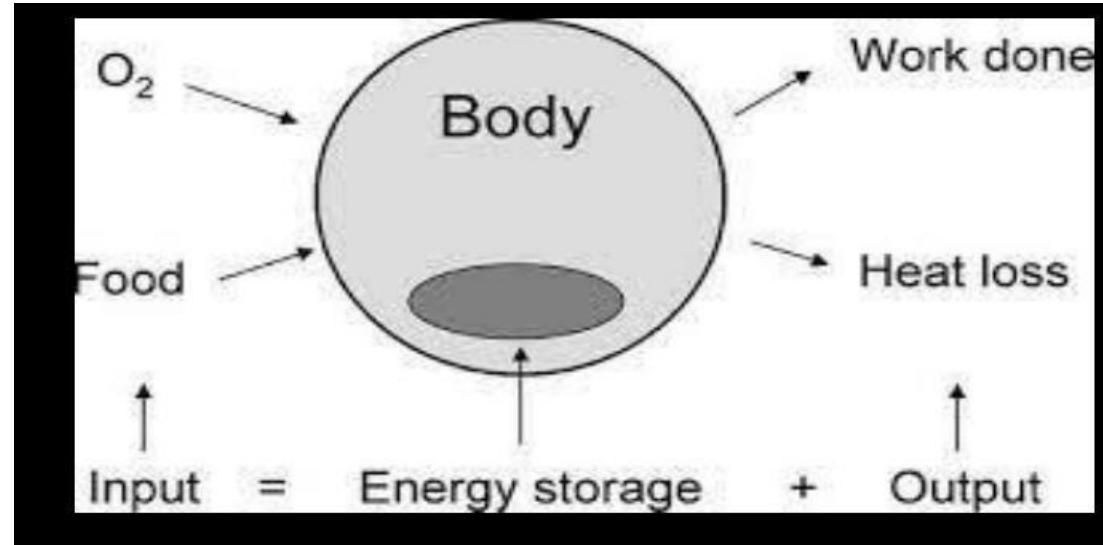
أشكال الطاقة في الجسم:

- Potential Energy (stored: chemical, gravitational)

- الطاقة الكامنة (المخزنة: الكيميائية، الجاذبية)

- 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:

الطاقة المستخدمة للقيام بوظائف الحياة الأساسية في حالة الراحة الكاملة:

- 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    2- Enzyme production    3- Nutrient absorption & transport    4- Storing excess energ

· 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 تغيراً)

The Complete Energy Equation:

معادلة الطاقة الكلية

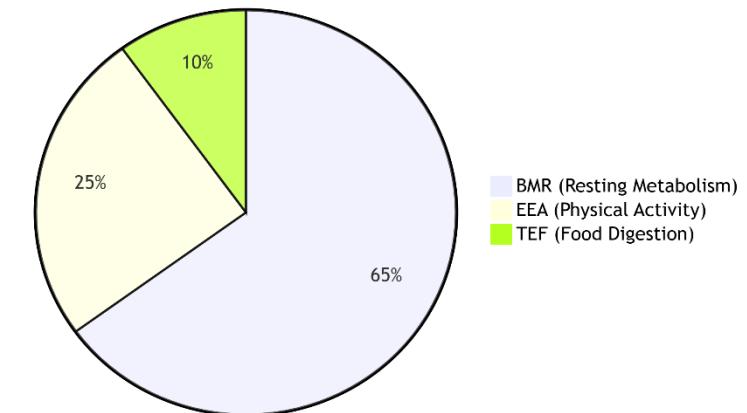
Total Daily Energy Expenditure (TDEE) Formula:

صيغة إجمالي إنفاق الطاقة اليومي:

$$TDEE = BMR + TEF + EEA$$

$$TDEE = BMR + (TEE \times TEE\%) + EEA$$

#### 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

- استراحة

- Under resting conditions about 25% of the body's energy is being used by

- في ظروف الراحة يتم استخدام حوالي 25% من طاقة الجسم

- the skeletal muscles and the heart,

- العضلات 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 عن طريق الكبد والكبد المُعوية.

- 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

### طرق قياس إنفاق الطاقة

- 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

- قياس استهلاك الأوكسجين لتحديد معدل الأيض

- during activity.

- أثناء النشاط.

# H.W

# الأَبْ



Question 1: Calculating Basal Metabolic Rate (Mifflin-St Jeor Equation) Problem: Calculate the Basal Metabolic Rate (BMR) for each

السؤال 1: حساب معدل الأيض الأساسي (معادلة ميفلين-سانت جور) المشكلة: حساب معدل

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,

من الحالتين التاليتين: الحالة أ: رجل يبلغ من العمر 35 عاما، وزنه 80 كجم، وطوله 180 سم. الحالة ب: امرأة تبلغ من العمر 28 عاما، وزنها 65 كجم،

and 165 cm tall

وطوله 165 سم

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

السؤال الثاني: يشير ملصق مشروب الطاقة إلى أنه

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

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