Ahl AI Bayt University
Ahl AI Bayt University
College of Medical & Health Technologies
College of Medical & Health Technologies
Department AnesthesiaTechniques and laser
Department AnesthesiaTechniques and laser
Medical Physics/ First Stage
Medical Physics/ First Stage

Third Lecture

Third Lecturerture

Energy, work and power of the body.

Energy, work and power of the body.

What we study in this lec.:

What we study in this Lecturer:

By Ass. Lec. Maher Hadi

By Assistant Lecturerturer Maher Hadi

- Energy Metabolism (BMR) Unit of energy
  • Energy Metabolism (BMR) Unit of energy
- Factors affecting basal metabolic rate
  • Factors affecting basal metabolic rate
- Energy Expenditure
  • Energy Expenditure
- Components of Daily Energy Expenditure
  • Components of Daily Energy Expenditure
- Energy Changes In The Body:

• Energy Changes In The Body:

Energy: is defined as the ability to do work

- 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.

All activities in the body, including energy changes.

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

The body uses the food energy to:

1-Operate its different organs.

2-Keep a constant body temperature.

3-Do external work.

Metabolism (BMR): is the set of biochemical reactions that occur in the

الاستقلاب (BMR): هو مجموعة 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 than a person with normal thyroid function.

1. يعتمد معدل الأيض الأساسي على وظيفة الغدة الدرقية. الشخص المصاب بفرط نشاط الغدة الدرقية لديه معدل أيض أساسي أعلى من الشخص الذي يتمتع بوظيفة الغدة الدرقية الطبيعية.

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

2. يرتبط معدل الأيض الأساسي بمساحة سطح الجسم أو كتلته. يتم تحويل الطاقة المستخدمة في عملية التمثيل الغذائي الأساسي إلى حرارة 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 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 شيوعا هي معادلة ميفلين-سانت جيور

Mifflin-St Jeor Equation

Mifflin-St Jeor Equation

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.

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.

Formula:

Formula:

1. **For Men:**

1. For Men:

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

$$BMR = 10\times weight\ (kg) + 6.25\times height\ (cm) - 5\times age\ (years) + 5$$

BMR=10× mass (kg)+6.25×height (cm)−5×age (years)+5BMR=10×weight (kg)+6.25×height (cm)−5×age (years)+5

2. **For Women:**

2. For Women:

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

BMR=10× mass (kg)+6.25×height (cm)−5×age (years)−161

Mifflin-St Jeor Equation

Mifflin-St Jeor Equation

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.

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.

Formula:

Formula:

1. **For Men:**

1. For Men:

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

BMR=10× mass (kg)+6.25×height (cm)−5×age (years)+5

2. **For Women**

2. For Women:

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

BMR=10× mass (kg)+6.25×height (cm)−5×age (years)−161

Example1: 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.

Example1: 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.

Solution:

Solution:

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

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

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

BMR=10× mass (kg)+6.25×height (cm)−5×age (years)+5

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

BMR=(10×70)+(6.25×175)−(5×30)+5 (700)+(1093.75)−(150+5)

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

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

Example2:

مثال 2:

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.

حساب معدل الأيض الأساسي (BMR) باستخدام معادلة ميفلين-سانت جيور لامرأة تبلغ من العمر 30 عاما، وزنه 70 كجم وطوله 175 سم.

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

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

Equation for Women:

المعادلة للنساء:

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

معدل الأيض الأساسي = 10× الكتلة (كجم)+6.25×الارتفاع (سم)−5×العمر (بالسنوات)−161

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

معدل الأيض الأساسي=(70×10)+(175×6.25)−(30×5)−161

$$(700+1093.75) = \mathbf{1793.75} \Rightarrow \mathbf{1793.75} - 150 = \mathbf{1643.75} \Rightarrow \mathbf{1643.75} - 161$$

)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.

وهذا يعكس الاختلافات الفسيولوجية الطبيعية في تكوين الجسم، حيث أن الرجال عموما لديهم كتلة عضلية أعلى وقاعدة أعلى 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^2 of body surface area per hour.

• - وحدة مناسبة للتعبير عن معدل استهلاك الجسم للطاقة هي المتت. التقى هو يتم تعريفها على أنها 50 سعرة حرارية / م 2 من مساحة سطح الجسم في الساعة.

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

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

- **summarized as follows:**

• ملخصة على النحو التالي:

1 kcal = 4184 J

1 كيلو كالوري = 4184 ج

1 J = 107 ergs

1 ي = 107 إرج

1 kcal/hr = 1.162 W

1 سعرة حرارية/ساعة = 1.162 واط

1 met = 50 kcal/m^2

1 ميت = 50 سعرة حرارية/م2

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

□□□□

1 □□□ == 69.7 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:

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

2kcal=2×4184=8368J.

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).

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 عدد الجول على 4184.

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

سعر حراري

The first law of thermodynamics can be written as

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

□□ = □□ - □ W

Where, ΔU Is the change in stored energy.

Where, □□ Is the change in stored energy.

ΔQ Is the heat lost or gained.

□□ Is the heat lost or gained.

ΔW Is the work done by the body

□□ Is the work done by the body

Work of the body

Work of the body

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.

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.

The internal energy stored (ΔU) during break down of a molecule can do work (ΔW) and release heat (ΔQ) which can be given according to the first law of thermodynamics as follows:

The internal energy stored (□□) during break down of a molecule can do work (□W) and release heat (□Q) which can be given according to the first law of thermodynamics as follows:

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 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:

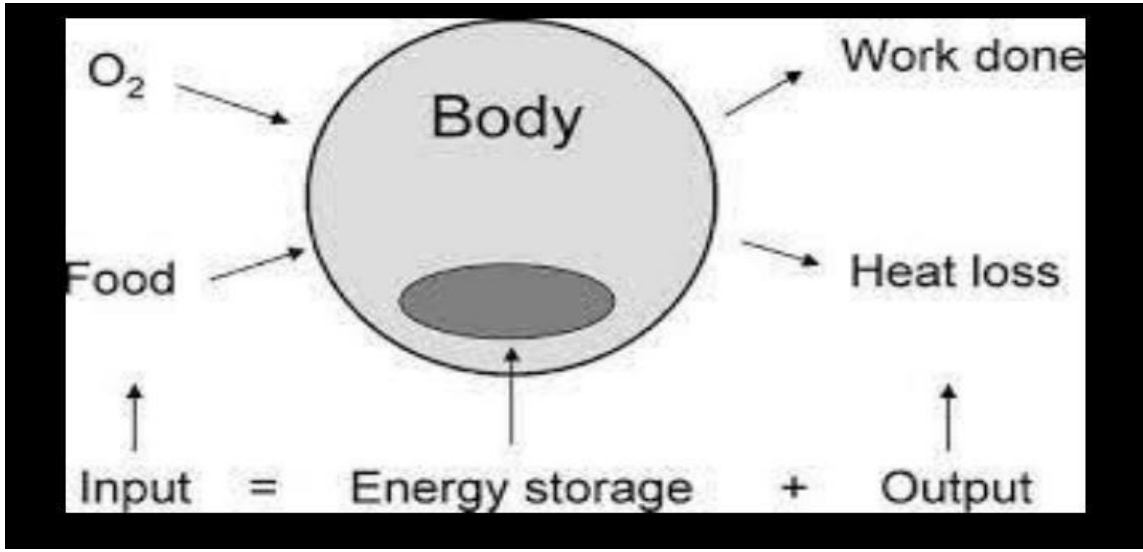
العوامل الرئيسية:

- Physical activity level
- مستوى النشاط البدني
- Body weight & composition
- وزن الجسم وتكوينه
- 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)

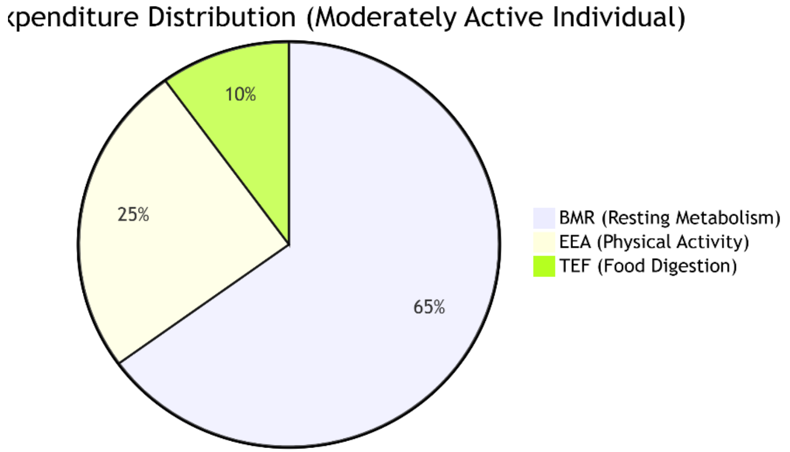
• تزويد الأعضاء الحيوية بالطاقة (القلب، الرئتين، الدماغ)

• 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 لهضم 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 تغيرا)

The Complete Energy Equation

معادلة الطاقة الكاملة

Total Daily Energy Expenditure (TDEE) Formula:

صيغة إجمالي إنفاق الطاقة اليومي (TDEE):

TDEE=BMR+TEF+EEATDEE=BMR+TEF+EEA

TDEAE=BMR++ELETETELELETELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAE LEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELEAELE

➢ Energy expenditure rates in the body's organs at rest

معدلات صرف الطاقة في أعضاء الجسم عند 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 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

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 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

السؤال 1: حساب معدل الأيض الأساسي (معادلة ميفلين-سانت جيور) المشكلة: حساب معدل الأيض الأساسي (BMR) لكل 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، ووزنها 65 كجم، 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?

السؤال الثاني: يشير ملصق مشروب الطاقة إلى أنه يوفر 85000 جول من الطاقة. احسب كم عدد السعرات الحرارية (kcal) المكافئة باستخدام التحويل؟