

# **第七章 能量代谢和体温**

**Energy Metabolism and**

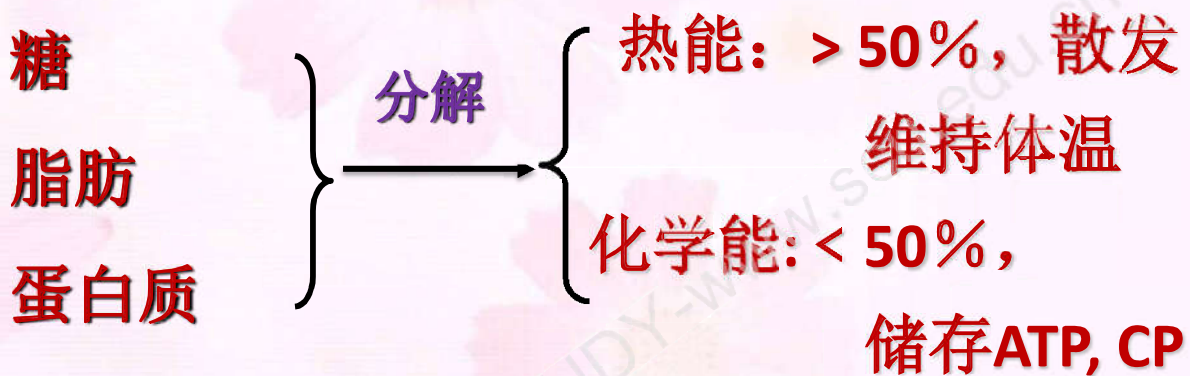
**Body Temperature**

# 第一节 能量代谢

## 能量代谢 (energy metabolism)

体内物质代谢过程中伴随的能量释放、贮存、转移和利用的过程。

# 一、能量的来源和去路:



糖——主要供能（有氧无氧）

脂肪——储能、供能

蛋白质——合成细胞成分、 酶、 激素等

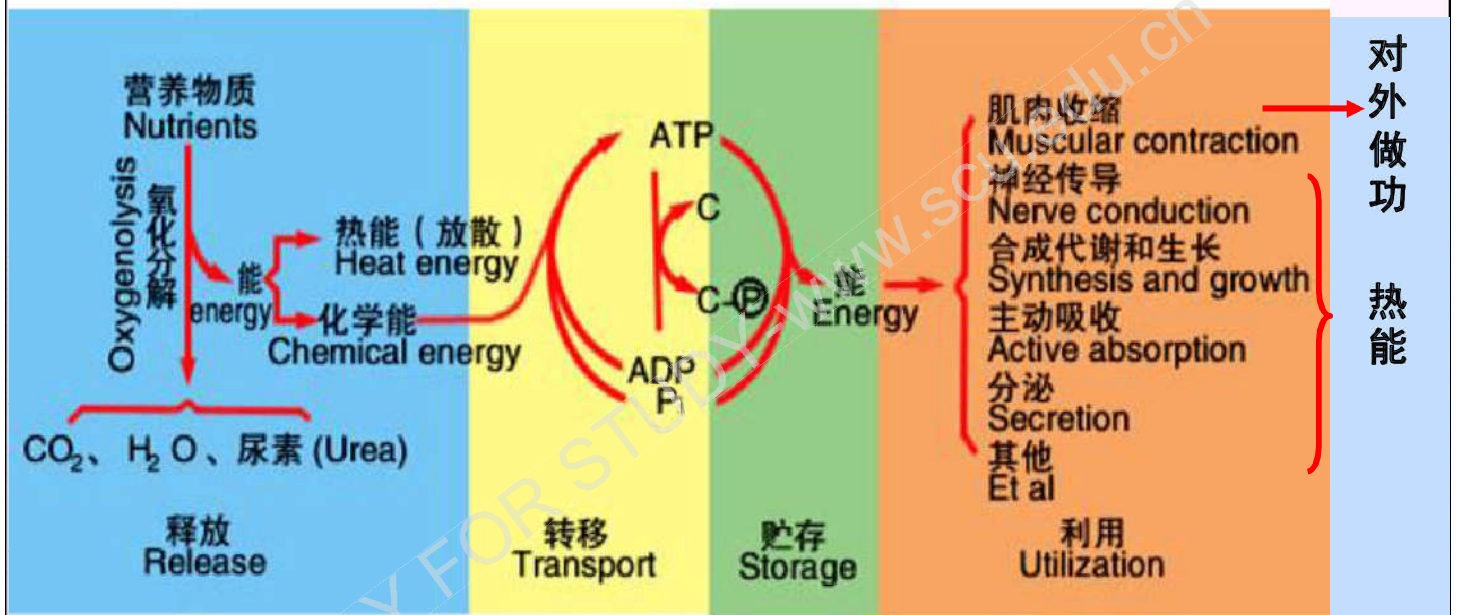


图 - 体内能量的释放、转移、贮存和利用示意图

Pi: 磷酸;      C: 肌酸;      C-P: 磷酸肌酸  
 Phosphonic acid      Creatine      Phosphocreatine



## 二、能量代谢的测定

**原理：能量守恒定律**

**体能 = 热能 + 外功耗能**

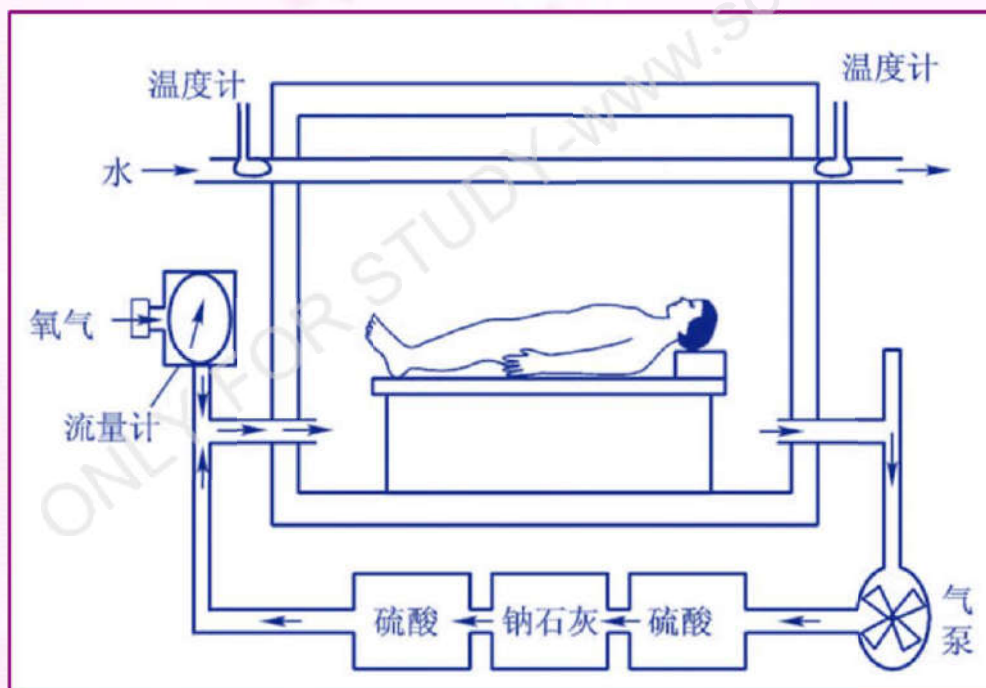
**体能 = 热能（安静）**

**能量代谢率：单位时间的能量代谢。**

**方法：直接测热法、间接测热法**

## (一) 直接法:

机体在安静状态下 (不做外功) 直接测定机体所散发的热量。



## (二) 间接法:

据物质代谢与气体代谢的**定比定律**，查出一定时间内体内分解代谢的糖、脂肪、蛋白质的量，据此计算该段时间内机体的产热量。

**定比定律**: 化学反应中反应物的量与产物的量之间呈一定比例关系。



## 1. 几个基本概念:

### 1) 食物的热价: thermal equivalent of food

**1g食物**体内氧化或体外燃烧时所释放的热量。

生物热价 物理热价

### 2) 食物的氧热价: thermal equivalent of oxygen

某种食物氧化时, 消耗 **1L O<sub>2</sub>** 所释放的热量。

### 3) 呼吸商 (Respiratory quotient, RQ):

一定时间内, 机体呼出CO<sub>2</sub>的量与吸入O<sub>2</sub>量的比值。  $RQ = CO_2/O_2$

### 4) 非蛋白呼吸商 (Non-protein respiratory quotient, NPRQ):

一定时间内, 糖、脂氧化的CO<sub>2</sub>产量与耗O<sub>2</sub>量的比值。



## 2. 测定O<sub>2</sub>耗量和CO<sub>2</sub>产量的方法:

闭合法: 代谢率测定器 (静态代谢率)

开放法: 气体分析法 (活动代谢率)

## 3. 简化法:

只测耗氧量, 将混合膳食的NPRQ定为0.82,

则氧热价为20.20KJ。 (肺量计)

$$\text{产热量} = 20.20 \times \text{氧耗量}$$



## 三、影响能量代谢的因素

1. 肌肉活动：对能量代谢的影响最大，与能量代谢率呈正变。

2. 精神活动：精神紧张，能代   
——肌紧张，激素 

3. 食物的特殊动力作用  
(Specific dynamic action of food)

由食物引起机体产生额外能量的作用。

## 4. 环境温度

- 20~30 °C时，代谢率较稳定。
- <20 °C，代谢率↑。

寒战和肌紧张度↑

- >30 °C，代谢率↑。

化学反应速度↑，发汗、呼吸、循环↑

## 四、基础代谢 (Basal metabolism)

1. 基础代谢：基础状态下的能量代谢。

**基础状态：**清晨空腹、清醒而又安静、全身肌肉放松， 20~30 °C时的状态。

(不受食物、精神紧张、肌肉活动及环境温度等因素的影响)

## 2. 基础代谢率 (basal metabolic rate, BMR) : 单位时间内的基础代谢。

✓ 基础代谢率与体表面积呈正变关系。  
**KJ / (m<sup>2</sup>·h)**

- **正常值：** 与性别、年龄有关，具个体差异  
±10~15%均为正常，  
>或<20%可能为异常
- **生理意义：** 某些内分泌疾病的辅助诊断。

## 第二节 体温及其调节

ONLY FOR STUDY-[www.wjw.com.cn](http://www.wjw.com.cn)

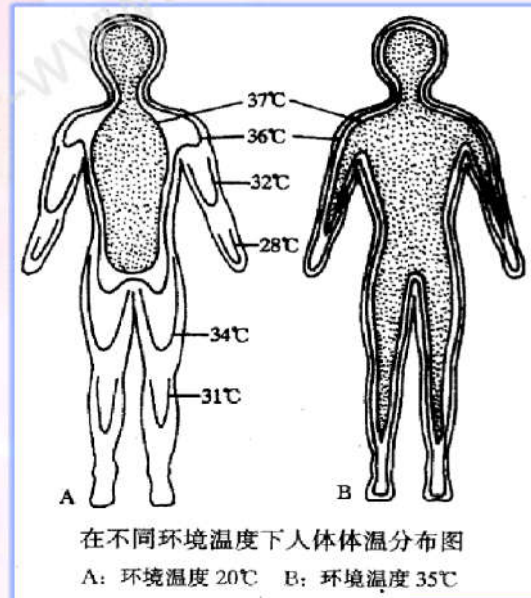
# 一、人体正常体温及生理变动

- 深部温度和表层温度
- 体温：机体深部的平均温度
- 正常值：

腋温  $36.0 \sim 37.4^{\circ}\text{C}$

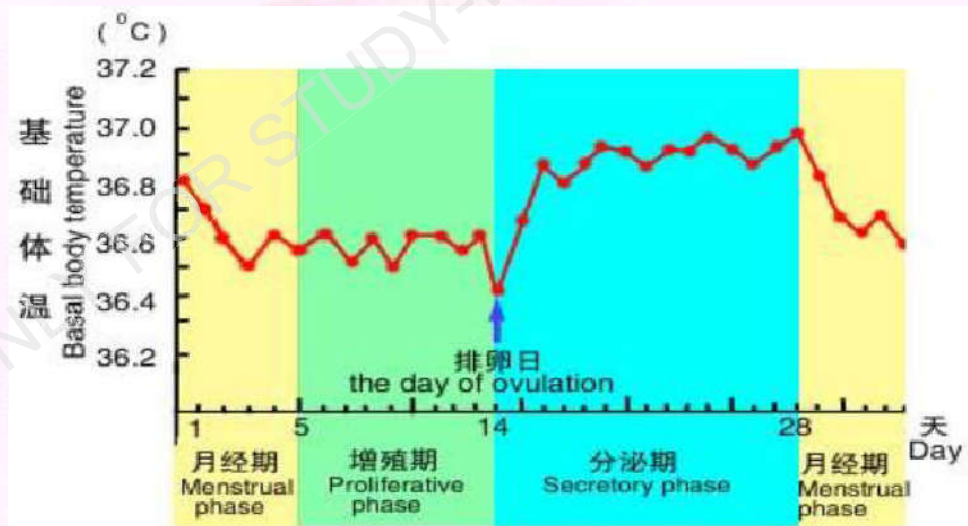
口温  $36.7 \sim 37.7^{\circ}\text{C}$

直肠温  $36.9 \sim 37.9^{\circ}\text{C}$





- **生理变动:**
1. 昼夜节律（晨低午高）；
  2. 年龄；女性 > 男性；
  3. 女性有月经周期（基础体温）
  4. 其他



## 二、机体的产热和散热

### 1. 产热过程:

**总产热量 = 基础代谢产热 + 肌肉活动产热  
+ 食物特殊动力作用产热**

## (1) 主要产热器官:

组织	占体重的百分比 (%)	安静时的产热量 (%)	运动时的产热量 (%)
脑	2.5	16	1
内脏	34.0	<b>56</b>	8
肌肉	56.0	18	<b>90</b>
其它	7.5	10	1

安静时: 内脏 (肝脏)      活动时: 骨骼肌

## **(2) 产热形式:**

### **1) 寒战产热: 骨骼肌不随意的节律性收缩**

**特点: 屈肌伸肌同时收缩, 不对外做功**

**代谢率增加4~5倍**

**作用: 寒冷环境下维持机体的体热平衡**

### **2) 非寒战产热: 又称代谢产热**

**特点: 提高组织代谢率,**

**褐色脂肪 (主要新生儿体内存在)**

**作用: 新生儿意义重大**

### (3) 产热的调节：神经调节，体液调节

寒冷刺激时

↓  
兴奋交感神经系统

↓  
肾上腺髓质

↓  
NE、E↑

↓  
产热量↑

特点：

作用迅速，维持时间短。

机体在寒冷环境几周后

↓  
甲状腺

↓  
 $T_3$ 、 $T_4$  ↑

↓  
代谢率↑(增加20~30%倍)

↓  
产热量↑

特点：

作用缓慢，维持时间长。



## 2. 散热过程：

(1) 主要部位——皮肤

(2) 散热方式

环境温度低于皮肤温度时：

- 1) **辐射**：体热以热射线的形式传给外界较冷物体，与**温差**和有效**辐射面积**有关。
- 2) **传导**：体热直接传给同它接触的较冷物体，与**温差**、**接触面积**和**导热性**有关。
- 3) **对流**：通过气体流动来交换热量，与**温差**、**散热面积**、**风速**有关。



**4) 蒸发散热：**体热通过体表水分的蒸发来散失  
环境温度高于或等于皮肤温度时的唯一散热途径。

**两种形式：不显汗、发汗**  
**(不感蒸发、可感蒸发)**

**A. 不显汗：**皮肤、呼吸道不断有少量水份直接蒸发，与汗腺无关；不易察觉。



热喘呼吸

## B. 发汗：汗腺主动分泌汗液的过程。

- 汗液：99%水+1%固体 (NaCl)

- 发汗的类型：

温热性发汗：全身各处

体温调节

精神性发汗：手掌、足跖、前额

体温调节无关

味觉性发汗：头、颈

### (3) 散热的调节

#### 1) 皮肤血流量的调节

- 影响散热的因素之一：皮肤与环境间的温差
- 皮肤温度受皮肤血流量的控制
- 交感神经调节皮肤血管口径

#### 2) 发汗的调节（温热性发汗）



## 三、体温调节

### 1. 行为调节

机体通过一定的行为来保持体温恒定的方式。

### 2. 自主性调节

在体温调节中枢的控制下，通过增减皮肤的血流量、发汗或寒战等，维持产热和散热过程的动态平衡，使体温保持相对恒定。

## **(1) 温度感受器**

### **1) 外周感受器:**

**皮肤、粘膜、内脏的神经末梢**

**(冷觉或热觉感受器)**

**特点: 对皮肤温度变化速率敏感**

### **2) 中枢感受器:**

**脊髓、延髓、脑干网状结构、下丘脑**

**(冷敏或热敏神经元)**



## (2) 体温调节中枢：

基本中枢：**下丘脑**

视前区-下丘脑前部（PO/AH）：

——体温调节中枢整合机构的中心部位

## (3) 体温调定点学说：

负反馈控制系统

**调定点 (set point)** 是由PO/AH的中枢性温度

敏感神经元确定，通常为 $37^{\circ}\text{C}$ 。

作用：给自控系统以固定数值



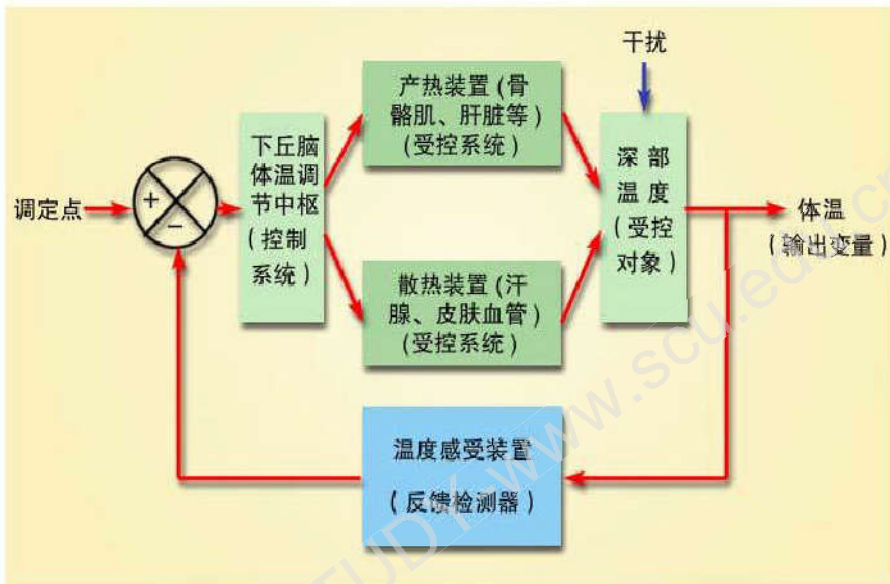


图 一 体温调节自动控制示意图

## 发热的机制：

**致热源**抑制热敏神经元，使热敏神经元兴奋性降低（阈值升高），调定点规定数值上移。