

第二章、营养与能量平衡

本章主要内容：

- 1、了解能量与能量单位。
- 2、知道能值及其测定。
- 3、掌握影响能量的因素。
- 4、掌握能量在食品加工中的变化。

第一节、能量与能量单位

一、能量的作用及意义

体内的能量，一方面不断地释放出热量，维持体温的恒定并不断地向环境中散发，另一方面作为能源可维持各种生命活动的正常进行。

除碳水化合物、脂肪和蛋白质是三大能量营养素外，酒中的乙醇也能提供较高的能量。

二、能量的单位

焦耳 (joule, J) ,

千焦耳 (kilojoule , kJ)

卡 (calorie , cal)

千卡 (kilocalorie , kcalorie , kca

1)

$$1\text{cal} = 4.184\text{J}$$

$$1\text{J} = 0.239\text{cal}$$

思考：

2400 kcal 相当于多少千焦？

答案：

$$2400 \text{ kcal} = 2400 \times 4.184 = 10041.6 \text{ kJ}$$

三、能量来源与能量系数

1. 最终来源： 太阳的辐射能。

2. 生热营养素：

碳水化合物： 55%~65%

脂肪： 20%~30%

蛋白质： 10%~15%

3. 能量系数

食物在体内彻底氧化或体外完全燃烧所产生的热量。

1g 碳水化合物产生能量为 17.155kJ (4.1kcal)

1g 脂肪产生能量为 39.54kJ (9.45kcal)

1g 蛋白质产生能量为 23.64kJ (5.65kcal)

但是因为一般混合膳食中碳水化合物的吸收率为 98%，脂肪 95%，蛋白质 92%

营养学在实际应用时，

1g 碳水化合物产生能量为 16.7kJ(4.0kcal)

1g 脂肪产生能量为 36.7kJ (9.0kcal)

1g 蛋白质产生能量为 16.7kJ(4.0kcal)

1g 乙醇产生能量为 29.3kJ (7.0kcal)

思考：

每天如果摄入 60 克脂肪、 65 克蛋白质和 300 克碳水化合物，共获得多少能量？

答案:

总能量为

$$60 \times 9 + 65 \times 4 + 300 \times 4 = 2000 \text{ kcal} \\ = 8368.0 \text{ kJ}$$

第二节 能值及其测定

一、食物能值与生理能值

1、**食物能值**是食物彻底燃烧时所测定的能值，即“物理燃烧值”，或称“总能值”。

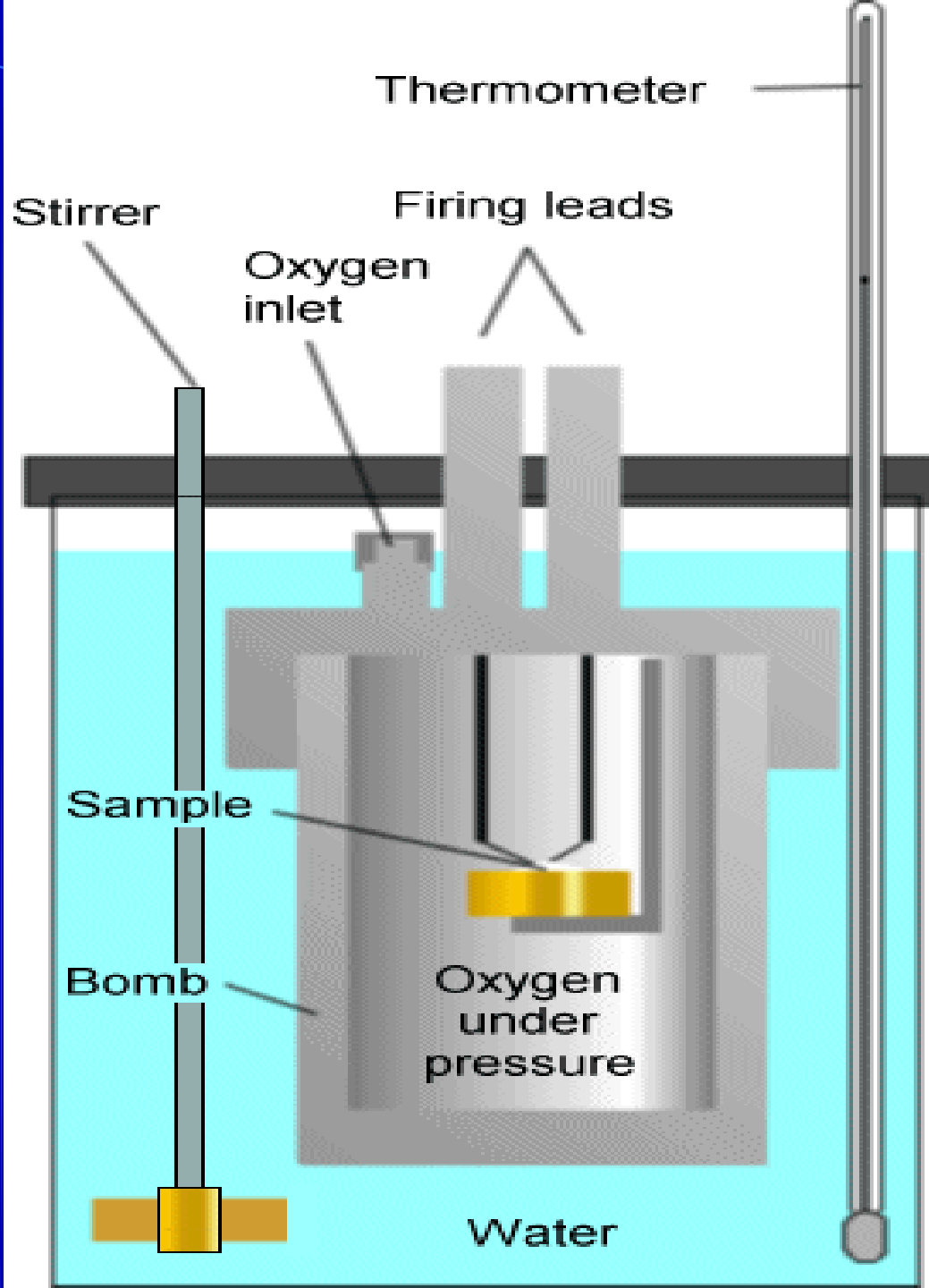
2、**生理能值**即机体可利用的能值，在体内，碳水化合物和脂肪氧化的最终产物与体外燃烧时相同。

二、能值的测定

1、食物能值的测定

食物能值通常用氧弹量热计，或称弹式热量计进行测定。

这是一个弹式密闭的高压容器，内有一白金坩埚，其中放入待测的食物试样，并充以高压氧，使其置于已知温度和体积的水浴中。用电流引燃，食物试样便在氧气中完全燃烧，所产生的热使水和量热计的温度升高，由此计算出该食物试样产生的能（热）量。



2、人体能量消耗的测定

（1）直接测定法：直接收集并测量人体所释放的全部热能的方法。

（2）间接测定法：气体代谢法，双标记水法，心率监测法，生活观察法，要因计算法。

第三节 人体能量消耗的因素

人体的能量消耗包括基础代谢、对食物的代谢反应和从事各种活动和劳动三个方面。

一、基础代谢

1、基础代谢与基础代谢率

(1) **基础代谢** (basal metabolism, BM) 是指维持生命的最低能量消耗, 即人体在安静和恒温条件下 (一般 $26 \sim 30^{\circ}\text{C}$), 禁食 12 小时后, 静卧、放松而又清醒时的能量消耗。确定基础代谢的能量消耗 (basic energy expenditure, BEE), 必须首先测定基础代谢率 (basal metabolic rate, BM R)。

(2) **基础代谢率**就是指人体处于基础代谢状态下，每小时每平方米体表面积（或每公斤体重）的能量消耗。

2、计算基础代谢的能量消耗

(1) 用体表面积进行计算

体表面积 (m^2) = $0.00659 \times \text{身高 (cm)} + 0.0126 \times \text{体重 (kg)} - 0.1603$

然后再按年龄、性别查表，计算 BMR。

人体基础代谢率

年龄 (岁)	男		女	
	KJ/m²	Kcal/m²	KJ/m²	Kcal/m²
1	221.8	53.0	221.8	53.0
3	214.6	51.3	214.2	51.2
5	206.3	49.3	202.5	48.4
7	197.7	47.3	200.0	45.4
9	189.9	45.2	179.1	42.8
11	179.9	43.0	175.7	42.0
13	177.0	42.3	168.6	40.3
15	174.9	41.8	158.8	37.9
17	170.7	40.8	151.9	36.3
19	164.0	39.2	148.5	35.5
20	161.5	38.6	147.7	35.3
25	156.9	37.5	147.3	35.2

年龄 (岁)	男		女	
	KJ/m²	Kcal/m²	KJ/m²	Kcal/m²
30	154.0	36.8	146.9	35.1
35	152.7	36.5	146.4	35.0
40	151.9	36.3	146.0	34.9
45	151.5	36.2	144.3	34.5
50	149.8	35.8	139.7	33.9
55	148.1	35.4	139.3	33.3
60	146.0	34.9	136.8	32.7
65	143.9	34.4	134.7	32.2
70	141.4	33.8	132.6	31.7
75	138.9	33.2	131.0	31.3
80	138.1	33.0	129.3	30.9

WHO 于 1985 年提出用静息代谢率 (resting metabolic rate, RMR) 代替 BMR。

人体 24 小时静息代谢参考值 (kcal)

年龄 (y)	体 重 (kg)								
	40	50	57	64	70	77	84	91	100
男性									
10 ~ 18	1351	1526	1648	1771	1876	1998	2121	2243	2401
18 ~ 30	1291	1444	1551	1658	1750	1857	1964	2071	2209
30 ~ 60	1343	1459	1540	1621	1691	1772	1853	1935	2039
>60	1027	1162	1256	1351	1423	1526	1621	1716	1837
女性									
10 ~ 18	1234	1356	1441	1527	1600	1685	1771	1856	1966
18 ~ 30	1084	1231	1334	1437	1525	1628	1731	1833	1966
30 ~ 60	1177	1264	1325	1386	1458	1509	1560	1621	1699
>60	1016	1121	1195	1268	1331	1404	1478	1552	1646

摘自 Nutrition Science and Application, 第 14 卷, 第 199 页, 1976 年。

(2) 直接用公式计算

男 $BEE = 66 + 13.7 \times \text{体重 (kg)} + 5.0 \times \text{身高 (cm)} - 6.8 \times \text{年龄 (y)}$

女 $BEE = 65.5 + 9.5 \times \text{体重 (kg)} + 1.8 \times \text{身高 (cm)} - 4.7 \times \text{年龄 (y)}$

简单的方法

成人男性按每公斤体重每小时 1kcal (4.18kJ)

女性按 0.95kcal (3.97kJ)，和体重相乘直接计算

- WHO 于 1985 年推荐使用 Schofield 公式 (表)，计算一天的基础代谢能量消耗。

WHO 建议的计算基础代谢公式

年龄 (y)	公式 (男)	公式 (女)
0 ~ 3	$(60.9 \times w) - 54$	$(61.0 \times w) - 51$
3 ~ 10	$(22.7 \times w) + 495$	$(22.5 \times w) + 499$
10 ~ 18	$(17.5 \times w) + 651$	$(12.2 \times w) + 746$
18 ~ 30	$(15.3 \times w) + 679$	$(14.7 \times w) + 496$
30 ~ 60	$(11.6 \times w) + 879$	$(8.7 \times w) + 829$
>60	$(13.5 \times w) + 487$	$(10.5 \times w) + 596$

注：w 为体重 (kg)。摘自 Technical Report Serie 724，Geneva，WHO，1985。

我国营养学会推荐，我国儿童、青少年该公式适用，18 岁以上人群按公式计算结果减 5%。

3、影响基础代谢的因素

（1）年龄：随着年龄的增长，其基础代谢下降。

（2）性别：

（3）营养及机能状况

（4）气候

具体如下：

- 体格的影响

同等体重，瘦高者 > 矮胖者，男性高于女性 5%–10%。

- 不同生理、病理状况的影响

儿童、孕妇高，30 岁以上每 10 年降 2%。

- 环境条件的影响

炎热、寒冷、过多摄食、精神紧张升高；禁食、少食、饥饿降低。

- 尼古丁和咖啡因可以刺激基础代谢水平升高

中国营养学会建议的我国成人活动水平分级 (2001年)

活动水平	工作内容 举 例	PAL 系数	
		男	女
轻	办公室工作、修理电器钟表、售货员、酒店服务员、化学实验操作、讲课等	1.55	1.56
中	学生日常活动、机动车驾驶、电工安装、车床操作、金工切割等	1.78	1.64
重	非机械化农业劳动、炼钢、舞蹈、体育运动、装卸、采矿等	2.10	1.82

二、对食物的代谢反应：

食物热效应 (thermic effect of food, TEF)，即食物特殊动力作用 (specific dynamic action, SDA)：指人体在摄食过程中，由于要对食物中营养素进行消化、吸收、代谢转化等，需要额外消耗能量，同时引起体温升高和散发能量。

不同的产能营养素其食物热效应不等

脂肪：消耗本身产生能量的 4% ~ 5%

碳水化合物：消耗本身产生能量的 5% ~ 6%，

蛋白质：消耗本身产生能量的 30%。

三、体力活动

劳动强度越大，持续时间越长，工作越不熟练时，其所需能量越多。

各种强度的体力活动及能量消耗

活动强度	能量消耗
极轻	$\text{BMR} \times 1.3$
轻	$\text{BMR} \times 1.6$ (男) $\text{BMR} \times 1.5$ (女)
中重	$\text{BMR} \times 1.7$ (男) $\text{BMR} \times 1.6$ (女)
重	$\text{BMR} \times 2.1$ (男) $\text{BMR} \times 1.9$ (女)
极重	$\text{BMR} \times 2.4$ (男) $\text{BMR} \times 2.2$ (女)

第四节 能量代谢的失衡继续要量

能量不足：来源 $<$ 消耗

能量过剩：来源 $>$ 消耗

(1) 理想体重

- 理想体重或称正常体重、适宜体重，曾有过不同的计算公式，目前通用的简式为：
- 理想体重 = 身高 (厘米) - 105

- 例如，一个人的身高为 170 厘米，他的理想体重则为 65 公斤。根据计算结果，即可进行评价。
- 如果能量摄入量小于消耗量，即为能量负平衡，表现为消瘦。当实际体重小于理想体重 10 %，提示轻度能量缺乏，表现为偏瘦：若实测体重小于理想体重 20 %，提示能量中度缺乏，会影响身体功能；若小于 30 % 以上，提示能量严重缺乏，将极度消瘦；如小于 40 % 以上，则将危及生命。
- 如果能量摄入量大于消耗量，即为能量正平衡，表现为体重过重。实测体重大于理想体重 10 % ~ 20 %，为超重；若大于 20 %，则为肥胖

体质指数 (BMI)

- 体质指数 (BMI) = 体重 (公斤) ÷ 身高 (米)²
- BMI 在 18.5 ~ 24.99 为正常； 17 ~ 18.4 9 轻度消瘦 (轻度慢性能量缺乏)； 16 ~ 16.9，中度消瘦；小于 16, 重度消瘦； 25 ~ 29.99 为超重, 大于 30 为肥胖

第五节 能量在食品加工中的变化

一、能量密度

能量密度是指每克食物所含的能量，一般来说食品的水分含量高则能量密度低，脂肪含量高则能量密度高。

二、能量在食品加工中的变化

能量既不能创造也不能消灭，它只能由一种形式转变成另一种形式。但是，食物所含能量则有的可消化、利用，与不可消化、利用之分。植物的纤维素、木质素不能被人体消化、利用。动物的毛发、骨骼等虽也含有一定能量，但却不可食用。

食品加工通常应尽可能剔除不可食用的部分，以增加可食性比例和提高其可用食的部分。谷类碾磨加工、由量提高。此外，为了增加能量，使对方高能量油脂的比例，以制成高能量食品等。

第六节 能量的供给与食物来源

一、能量的供给

能量的供给应依据能量的消耗而定，不同人群的需要和供给量各不相同。

参考可如下表：

能量和蛋白质的 RNI_s 及脂肪供能比

年龄 /岁	能量 [#]		蛋白质		脂肪	
	RNI/MJ		RNI/kcal		RNI/g	
	男	女	男	女	男	女
0~	0.4MJ/kg		95kcal/kg*		1.5~3g/(kg·d)	
0.5~						45~50
1~	4.60	4.40	1100	1050	35	35
2~	5.02	4.81	1200	1150	40	40
3~	5.64	5.43	1350	1300	45	45
4~	6.06	5.83	1450	1400	50	50
5~	6.70	6.27	1600	1500	55	55
6~	7.10	6.67	1700	1600	55	55
7~	7.53	7.10	1800	1700	60	60
8~	7.94	7.53	1900	1800	65	65
9~	8.36	7.94	2000	1900	65	65
10~	8.80	8.36	2100	2000	70	65
11~	10.04	9.20	2400	2200	75	75
14~	12.00	9.62	2900	2400	85	80
18~						25~30
体力活动 PAL [△]						20~30
轻	10.03	8.80	2400	2100	75	65
中	11.29	9.62	2700	2300	80	70
重	13.38	11.30	3200	2700	90	80

年龄 /岁	能量 [#]				蛋白质		脂肪
	RNI/MJ		RNI/kcal		RNI/g		占能量百分比%
	男	女	男	女	男	女	
孕妇		+0.84		+200		+5, +15, +20	
乳母		+2.09		+500		+20	
50~							20~30
体力活动 PAL [▲]							
轻	9.62	8.00	2300	1900			
中	10.87	8.36	2600	2000			
重	13.00	9.20	3100	2200			
60~					75	65	20~30
体力活动 PAL [▲]							
轻	7.94	7.53	1900	1800			
中	9.20	8.36	2200	2000			
70~					75	65	20~30
体力活动 PAL [▲]							
轻	7.94	7.10	1900	1700			
中	8.80	8.00	2100	1900			
80~	7.74	7.10	1900	1700	75	65	20~30

注：#各年龄组的能量的 RNI 与其 EAR 相同。

*为 AI，非母乳喂养应增加 20%。

PAL[△]，体力活动水平。

(凡表中数字缺如之处表示未制定该参考值)

我国建议供能三大营养素的合理分配百分比为碳水化合物占 55 % ~ 65 % , 脂肪占 25 % ~ 30 % , 最好控制在 30 % 以下, 而以 15 % — 25 % 为好。蛋白质则以 15 % — 20 % 较好。

- 饮食中蛋白含量相应提高，占总能量的 15% ~ 20%，蛋白质供应不少于 1g/kg，优质蛋白质应占 50% 以上，以减少机体组织的分解。
- 相应减少碳水化合物和脂肪。减少总能量的供给又保证蛋白质的摄入量，就必须相应减少饮食中碳水化合物和脂肪的供给量。碳水化合物约占总能量 50%，每天通常为 100 ~ 200g，尽量减少精制糖的供给。
- 限制脂肪的摄入，主要减少动物脂肪和含饱和脂肪酸高的油脂但要保证必需脂肪酸的供给，饮食脂肪通常应占总能量的 20% 左右。胆固醇的摄入量也应减少。

二、能量的食物来源

碳水化合物、脂肪和蛋白质三种产能营养素普遍存在于各种食物中，但是动物性食物一般比植物性食物含有较多的脂肪和蛋白质。

工业食品中含能的多少是营养学方面的一项重要指标，但是不管是哪种食品，都应有一定的营养密度，而且从总的情况来看，在人体所需热能和各种营养素之间应保持一定的平衡关系。