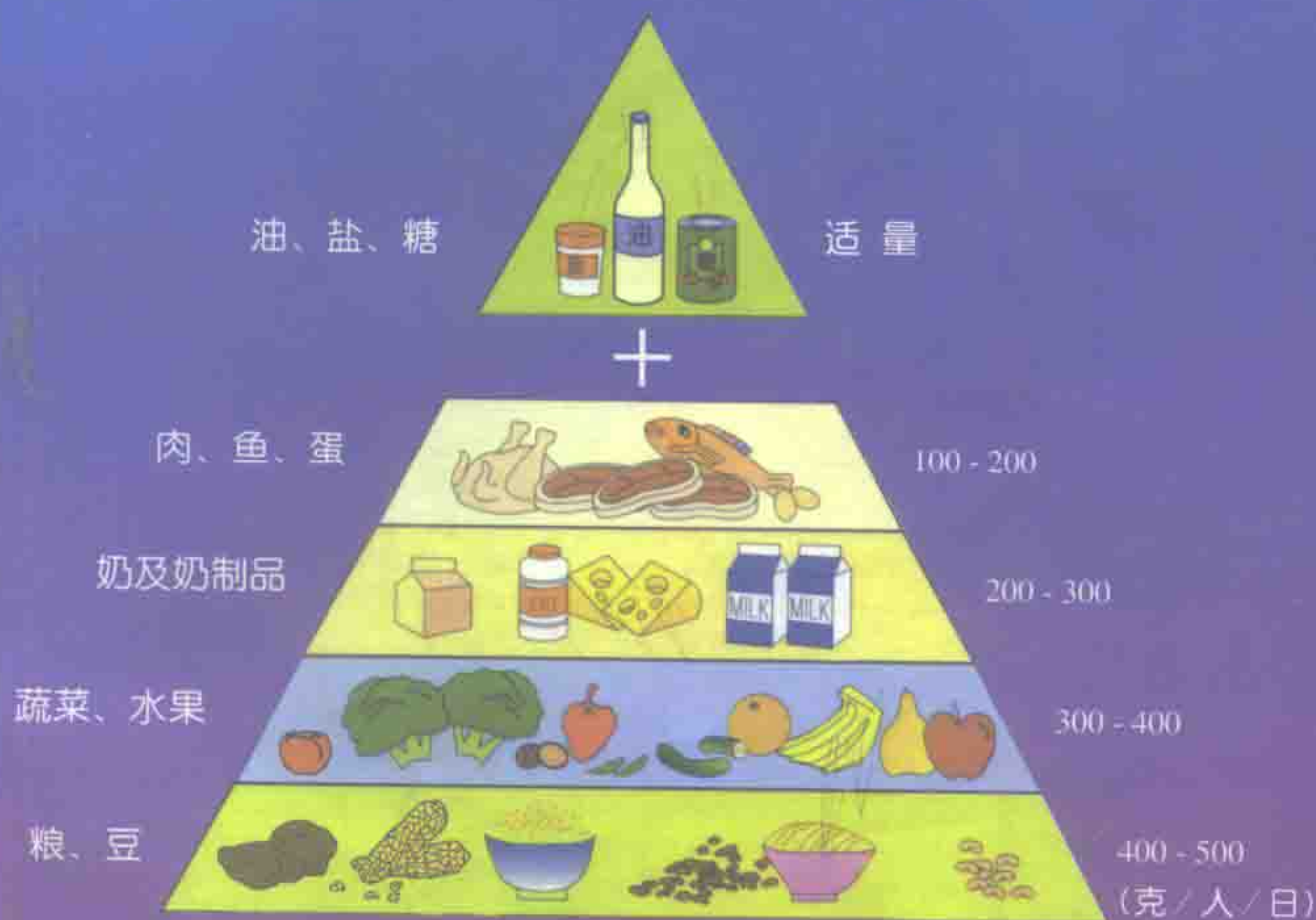


# 医学营养学

YI XUE YIN YANG XUE

主 编 史奎雄



上海交通大学出版社

# 医学营养学

主 编 史奎雄  
副主编 程五凤 李宣海  
主 审 潘碧霞

上海交通大学出版社

## 内容提要

《医学营养学》是根据临床医学系治疗营养及医学营养专业人类营养和治疗营养的教学需要而潜心编写的一本教材。本书在内容上反映科学的新进展,并使基础与临床紧密结合,便于临床应用。本书包括基础与公共营养、治疗营养及营养特殊论三个方面共六篇62章,书末附有食物营养成分表,膳食营养素供给量及膳食指南等。

本书除可供给医学院学生作为学习医学营养的教材应用外,尚可供从事临床医学工作的医护人员参考。

2V86/12

### 医学营养学

主 编 史奎雄

上海交通大学出版社出版发行

上海市番禺路 877 号 邮政编码: 200030

电话 64281208 传真 64683798

全国新华书店经销

昆山亭林印刷总厂·印刷

开本: 787×1092(mm) 1/16 印张: 25.5 字数: 782 千字

版次: 1998 年 5 月 第 1 版

印次: 1998 年 9 月 第 2 次 印数: 7 051 - 9 050

ISBN 7-313-02028-7/R·025

定价: 28.00 元

---

本书任何部分文字及图片,如未获得本社书面同意,  
不得用任何方式抄袭、节录或翻印。

(本书如有缺页、破损或装订错误,请寄回本社更换。)

## 编委名单

主 编        史奎雄  
副主编       程五凤       李宣海  
主 审        潘碧霞

### 编写者名单(按姓氏笔划)

邓伟吾	史奎雄	毕宇芳
孙晓祥	许积德	李立群
何汝敏	汪关煜	李宣海
陈宇红	杨庆铭	罗邦尧
陈霞飞	赵咏桔	俞善昌
翁中芳	徐卫国	徐丽芷
徐惠贞	曹伟新	顾越英
龚兰生	章有章	程五凤
傅秀兰	蔡美琴	潘碧霞

## 编者的话

随着我国社会经济和医学科学的发展,我国居民的卫生保健水平有了很大的提高,死因疾病谱也发生了变化,心、脑血管疾病,恶性肿瘤已成为严重影响人民健康的三大死因,这些疾病的发生发展及治疗康复都和生活方式、饮食营养有着十分密切的关系。因此,营养学已成为人们防病保健和治病康复中的一门重要的学科。

本书根据临床医学系治疗营养及医学营养专业人类营养和治疗营养的教学需要,按照教学大纲的要求,组织了本校从事基础营养和临床营养有经验的专家,结合他们实际的临床和教学经验,参阅了现代国内外医学营养的教材和参考书及文献资料,并结合我国国情,编写了这本《医学营养学》。对医学生这是学习医学营养的一本教材,而对从事临床工作的医护人员则可作为一本参考书。

作者力求在内容上能反映学科的新进展,并使基础与临床紧密结合,便于临床实际应用。本书包括基础和公共营养,治疗营养及营养特殊论题三个方面共六篇62章。并附有食物营养成分表,膳食营养素供给量及膳食指南等。

由于本书是为我校学生第一次编写的正式出版教材,编写者众多,在结构、内容的安排及文字上定有不一致甚至疏漏错误之处,祈望同行和读者不吝指正,以便再版时修改。

在本书的编写过程中,得到我校教务处,成人教育学院,基础医学院的领导的支持及全体编写人员的努力,特此表示感谢。

编者

1997年11月

# 目 录

<b>第一篇 热能和巨营养素</b> .....	1	第三十七章 蛋白质-热能营养不良	114
第一章 热能	1	第三十八章 心血管疾病	119
第二章 蛋白质	5	第三十九章 糖尿病	141
第三章 碳水化物	15	第四十章 胃肠道疾病	153
第四章 脂类	20	第四十一章 胰腺和肝脏疾病	164
第五章 膳食纤维	28	第四十二章 肾脏疾病	171
第六章 水	31	第四十三章 呼吸系统疾病	181
第七章 钙和磷	33	第四十四章 神经系统疾病	187
第八章 镁	37	第四十五章 痛风	201
第九章 钠、钾和氯	39	第四十六章 手术、创伤和严重感染	205
<b>第二篇 微量营养素</b> .....	41	第四十七章 灼伤	216
第十章 铁	41	第四十八章 类风湿关节炎	222
第十一章 锌	44	第四十九章 骨质疏松症	225
第十二章 铜	46	第五十章 食物变态反应	229
第十三章 硒	48	第五十一章 肿瘤	237
第十四章 碘	51	第五十二章 医院营养管理	243
第十五章 氟	53	<b>第五篇 营养状况评价</b> .....	253
第十六章 锰	54	第五十三章 营养调查与评价	253
第十七章 铬和钴	56	第五十四章 病人营养状况的评价	256
第十八章 超微量元素	58	<b>第六篇 特殊论题</b> .....	261
第十九章 维生素A	63	第五十五章 胃肠内及胃肠外营养	261
第二十章 维生素D	65	第五十六章 营养素和药物的相互作用	274
第二十一章 维生素E	67	第五十七章 营养与免疫	279
第二十二章 维生素K	69	第五十八章 营养与遗传	287
第二十三章 抗坏血酸	70	第五十九章 中医食疗	293
第二十四章 硫胺素	72	第六十章 肥胖症	307
第二十五章 核黄素	74	第六十一章 氧自由基与抗氧化营养素	311
第二十六章 尼克酸	76	第六十二章 营养素标准,膳食指南和 食物指导方案	317
第二十七章 维生素B <sub>6</sub>	78	附录1.食物一般营养成分	322
第二十八章 叶酸	80	附录2.食物的氨基酸含量	382
第二十九章 维生素B <sub>12</sub>	82	附录3.食物的脂肪酸及胆固醇含量	386
第三十章 泛酸与生物素	84	附录4.食物的微量元素含量	388
第三十一章 牛磺酸	86	附录5.食物重量折算参照表	391
<b>第三篇 特殊生理需要</b> .....	88	附录6.推荐的每日膳食中营养素供给量	392
第三十二章 孕妇和乳母营养	88	附录7.人体营养生化正常值	396
第三十三章 婴幼儿及儿童营养	92	附录8.人体测量正常值	397
第三十四章 青少年营养	101	附录9.各种活动的能量消耗率	401
第三十五章 老年营养	104	<b>参考书</b> .....	321
第三十六章 运动员营养	108		
<b>第四篇 疾病的营养</b> .....	114		

# 第一篇 热能与巨营养素

## 第一章 热能

人体活动中能量的变化甚为复杂,如肌肉运动的机械能,化学反应时的化学热,神经冲动传导时的电能……。其实各种能量表现的形式,虽然变化很大,但它们之间是密切相关的。就肌肉活动而言,其

中也有电能的活动,更有化学能的变化,只不过主要表现为机械能的改变。人体活动所需能量的来源是食物,即储存在供能化合物(碳水化合物、脂肪和蛋白质)中的化学能。而能量消耗的最终形式是热能。

### 第一节 热能单位及其测量方法

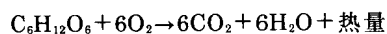
常用的热能单位为卡(cal, calorie),它是指1g水从15°C提高到16°C所需的热量,可简化为1g水升高1°C所需的热量。在实际应用中常以千卡(kcal, kilocalorie)为单位,即1kg水升高1°C所需的热量。国际单位制(SI制)现已改用焦耳(Joule)为热量单位,1J是1kg重的物体以1N(牛顿)的力移动1m(米)所消耗的能量。这个量值在实际应用中也增大千倍,即千焦(kJ, kilojoule)。1kcal等于4.184kJ。目前千卡与千焦被同时应用。1kcal = 4.184kJ

测量热能的方法有直接测热法和间接测热法两类。

#### 一、直接测热法

化学上用以测量物质氧化时所释放的热能,是用弹式热量计进行测量。它由两个中空的半球形金属球组成,泡在定量的水中,球内安放能进行放电的电极及其引出的导线。操作时将定量化合物(或食物)放在电极附近,并在球内充满纯O<sub>2</sub>,然后将两个半球紧闭。导线通电可使球内化合物完全燃烧。燃烧所释放的热量通过传导使浸泡热弹计的水温升高,由此即可算出释放的热量。

以葡萄糖为例,在弹式热量计中燃烧的化学反应如下:



通过计算可得1摩尔(mol)葡萄糖(即180g)与6 mol O<sub>2</sub>反应产生6mol CO<sub>2</sub>和6mol H<sub>2</sub>O,并释放出673.2kcal(或2808kJ)的热量,即每g葡萄糖燃烧可

得到3.74kcal(或15.6kJ)的热量。同时也可算出O<sub>2</sub>的消耗为6×22.4=134.4L O<sub>2</sub>,除以180,即每g葡萄糖氧化消耗0.746 L O<sub>2</sub>。同理产生的CO<sub>2</sub>为每g葡萄糖也是0.746 L CO<sub>2</sub>。反之,由这两个数除以热量可得每L O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的热当量(VO<sub>2</sub>和VCO<sub>2</sub>),即葡萄糖VO<sub>2</sub>为5.01kcal(21kJ)。葡萄糖在体内的氧化分解的结果与体外相同,所以同理可以测得其他物质在体内氧化为能量的结果,如淀粉、蔗糖、脂肪等。唯独蛋白质在体内分解最终产生尿素、CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O,与体外氧化不全相同,计算也比较复杂。

现将糖、脂肪和蛋白质在体内氧化时热能的释放总结如表1-1。

表1-1 糖、脂肪和蛋白质在体内氧化时热能的释放

物质	O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> 的		RQ*	每g放热		每L热当量			
	消耗	产生		kJ	kcal	VO <sub>2</sub>	VCO <sub>2</sub>	kJ	kcal
	L/g	L/g							
淀粉	0.829	0.829	1.0	17.6	4.20	21.2	5.06	21.2	5.06
蔗糖	0.786	0.786	1.0	16.6	3.96	21.1	5.04	21.1	5.04
葡萄糖	0.746	0.746	1.0	15.6	3.74	21.0	5.01	21.0	5.01
脂肪	2.019	1.427	0.71	39.6	9.46	19.6	4.69	27.7	6.63
蛋白质	1.010	0.844	0.83	19.7	4.70	19.5	4.66	23.3	5.58

\* RQ(respiratory quotient)呼吸商 =  $\frac{CO_2}{O_2}$ 。

直接测热法可应用于整体活动的动物和人,方法是用密闭隔热的小室内,测量动物和人以辐射、传导、对流以及蒸发等所散发的热的总和。实验室造价

昂贵,测量仪器也要求精密,目前已不采用。

## 二、间接测热法

### (一)测耗氧法

因为O<sub>2</sub>的消耗与体内产热呈正比,所以可以测定单位时间内O<sub>2</sub>的消耗量,此值乘以氧热当量,即得单位时间的热量消耗,又称代谢率。假定混食膳食时氧热当量(VO<sub>2</sub>)为20.3kJ/L,则代谢率(M)等于20.3乘以VO<sub>2</sub>,即 $M=20.3 \times VO_2$ 。

测耗氧法设备简单,只需在背上背一气囊,可以同时各种活动,分析一定时间内O<sub>2</sub>的消耗量,也可同时测定CO<sub>2</sub>生成量,还可测尿中N的排出量。如Brouwer的计算式为

$$M = 16.18VO_2 + 5.01VCO_2 - 5.99N$$

例如某人一天VO<sub>2</sub>为600L,VCO<sub>2</sub>为500L,尿中排N为25g,则一天代谢率等于12055kJ。如果代入上述仅用VO<sub>2</sub>的简式,结果为12180kJ。两者差异甚小,因此简式较为实用。

### (二)稳定性同位素法

用稳定性同位素<sup>2</sup>H和<sup>18</sup>O标记的<sup>2</sup>H<sub>2</sub><sup>18</sup>O,遂嘱受试者饮含<sup>2</sup>H<sub>2</sub><sup>18</sup>O的水一杯后,使之与体内水代谢库平衡。<sup>2</sup>H标记了H<sub>2</sub>O,<sup>18</sup>O则标记了水和CO<sub>2</sub>代谢库。因为碳酸酐酶使CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O⇌H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,使<sup>18</sup>O也存在于CO<sub>2</sub>中。H<sub>2</sub>O的清除率可由<sup>2</sup>H<sub>2</sub>O的清除率(K<sub>2</sub>)算出;CO<sub>2</sub>的产生率可从<sup>18</sup>O和<sup>2</sup>H的清除率之差求得。<sup>2</sup>H和<sup>18</sup>O的更新率很慢。如一人含水45L,每天饮水2.5L,<sup>2</sup>H的清除为负指数式,每天约为6%。<sup>18</sup>O的清除率(K<sub>18</sub>),除了H<sub>2</sub><sup>18</sup>O外,还多了CO<sub>2</sub>的呼出,所以

比<sup>2</sup>H快些。

本法的原理见图1-1。

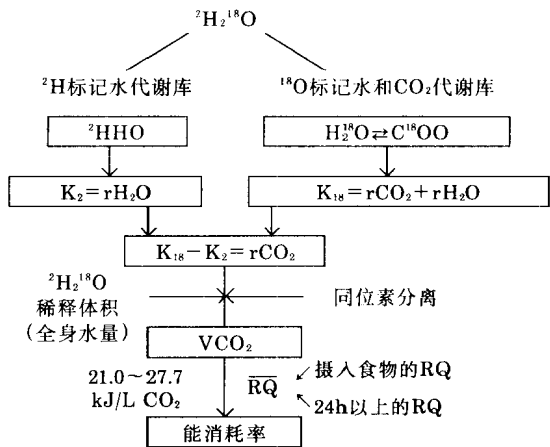


图1-1 稳定性同位素测热法原理图

本法的优点是对人体无伤害,可测定2~3周内的能量消耗;同时可测定体内水的总量;可同时进行多数人测定;对哺乳妇女可同时测定泌乳量,并估计婴儿的能量消耗。缺点是同位素和分析设备(质谱仪)价昂,测VCO<sub>2</sub>所造成的误差较VO<sub>2</sub>大。所测结果是2~3周的平均能耗,不能测24小时能耗和每天差异。

因为只测VCO<sub>2</sub>,不测RQ,即不同时测VO<sub>2</sub>,则RQ在0.7与1.0之间热当量的误差为32%。如果同时计算食物的RQ,则误差可降低5%~10%。

## 第二节 人体热能消耗的几个构成部分

不管人体的能量消耗如何复杂,但可归纳为四个主要方面,即:①基础代谢的消耗;②机体活动(尤其是劳动)的消耗;③食物特殊动力作用的消耗;④机体生长发育(尤其是儿童和孕妇)的需要。下面将分别予以讨论。

### 一、基础代谢(basal metabolism)

基础代谢是指维持机体最基本生命活动中能量的消耗。一般是指清晨睡醒后,未进餐前,仍静卧在床上的状态,此时只有肺的呼吸、心脏的搏动等最基本的生命活动,而没有食物的消化吸收和体力活动。常用间接测热法,即测定耗O<sub>2</sub>量,再以氧热当量算出单位时间的热消耗。因为年龄、性别和体表面积影响基础代谢(见下面的讨论),所以用基础代谢率(basal metabolism rate,BMR)表示。中国人的BMR平

均值见表1-2。

表1-2 中国人基础代谢率平均值(kcal/(m<sup>2</sup>·h))

年龄(岁)	11~15	16~17	18~19	20~30	31~40	41~50	51以上
男	46.7	46.2	39.7	37.7	37.9	36.8	35.6
女	41.2	43.4	36.3	35.0	35.1	34.0	33.1

因为表中的数值是平均值,如果测定值在±10%以内,均认为BMR正常。

影响基础代谢的因素:

#### (一)体表面积

体表面积越大,散热面积越大。体表面积又与身高和体重密切相关,它可通过三者的线性回归方程求得。

$$\text{体表面积 (m}^2\text{)} = 0.00607(\text{身高 cm}) + 0.0127$$



(体重kg) - 0.0698

根据这一公式,一个身高175cm、体重60kg人的体表面积为1.75m<sup>2</sup>。

学龄前儿童的体表面积宜用下式计算,即

体表面积 (cm<sup>2</sup>) = 42.3356(身高 cm) + 175.6882(体重kg) - 272.2716

(二)年龄

在人的一生中,婴幼儿阶段是整个代谢最活跃阶段,其中包括基础代谢,以后在青春期又出现一个较高的代谢阶段。成年以后,随着年龄的增加代谢率缓慢地降低。其中内分泌的影响可能是重要的因素。

(三)性别

实际测定表明,在同一年龄,同一体表面积的情况下,女性机体所消耗的能量比男性低。尽管年龄与体表面积相同,女性体内脂肪组织比例大于男性,而去脂肪组织的比例则相反,这是一个较基本的差别。此外,对育龄妇女,在排卵期前后有基础体温波动,对基础代谢也有微小的影响,这也是女性与男性不同之处。

(四)内分泌

内分泌腺分泌的激素不仅对物质代谢起调节作用,而且对能量代谢也起一定作用,其中以甲状腺素的影响为最大。甲状腺素分泌过多,则BMR大于正常平均值的10%以上,反之小于平均值10%以下,则为分泌低下。过去临床曾用BMR作为甲状腺功能诊断的指标。

二、体力活动

除基础代谢外,体力活动是影响人体能量消耗的最主要因素。在体力活动中,人体本身的重量是一种负荷,人体活动需要肌肉及其他组织作功。如一个60kg体重的人步行一定距离,或登几层楼,就是将60kg的物体移动了一定距离,或提高了若干米的功,其中都是需要消耗能量的。这一过程除消耗机械能之外,有关细胞、组织器官合成许多物质,如蛋白质、脂类及糖原等也需要消耗能量。肌肉活动越强,

能量消耗越大;肌肉活动持续时间越长,能量消耗也越大。此外,能量消耗还与体力劳动的熟练程度有关,劳动熟练者的能量消耗相对较少。

三、食物特殊动力作用

因摄取食物而引起能量消耗增加的现象,称为食物特殊动力作用。如摄取6694kJ(1600 kcal)的碳水化合物,按理只能产生6694kJ(1600 kcal)的能量,但实际上却产生了7096kJ(1696kcal)的能量,增加了6%。摄取脂肪和蛋白质时也有这种现象,可分别增加能量4%~5%和30%。其中蛋白质的特殊动力作用最强。这种额外增加的能量,来源于体内储备的能量(即营养物),而不是来源于食物,所以,不能把它视为能量的来源,而只能是一种消耗。在计算热量的供给时,将食物特殊动力作用所引起的能量消耗以10%计,即基础代谢率加体力劳动能量消耗率,再加10%的能量,为总能量消耗。

成年人的能量消耗就是包括基础代谢,体力活动和食物特殊动力作用三个方面。要测定一个人24h的能量消耗率是困难的。但营养学家已作了许多研究,用间接测热法测定了各种活动的能量消耗率,以kJ(kcal)/(m<sup>2</sup>·min)计(见附录9)。其中包括睡眠时能量消耗,即包括了基础代谢在内。因此用简单的“生活观察法”,即登记各种活动花费时间(以分计),查表后乘以能量消耗率,相加并乘以体表面积,再加10%食物特殊作用,即为该人24h的总能量消耗。

四、生长发育

儿童和孕妇所消耗的能量还包括生长发育的能量。新生儿按kg体重与成人比较,能量消耗多2~3倍。3~6个月的婴儿,每天约有15%~23%所摄入热能被机体用于生长发育的需要而保留在体内。据Waterlow的测定结果,体内每增加1g新组织约需4.78kcal的能量。孕妇除供给胎儿的生长发育外,本身机体的进一步发育也需特殊能量。乳母还应补偿乳汁分泌中的能量,每天约200kcal。

### 第三节 能量的需要与供给

在营养科学上需要(requirement)和供给(allowance)是两个相联系而又相区别的概念。前者指维持机体正常生理功能所需要的数量,低于这个数量将会对机体产生不利的影晌;而后者则在已知需要量的前提下,按食物的生产水平与人们的饮食习惯,同时考虑到人群中个体差异和照顾群体的绝大

多数所设置的个体安全量。

1973年世界卫生组织(World Health Organization,WHO)与世界粮农组织(Food and Agriculture Organization,FAO)的有关热能与蛋白质专家委员会提出了如下建议:

以一个中等度活动量的成人作为参考人(re-

ference adult), 并根据其活动量求出一个基准数值, 以此数值为基准。根据活动量的增或减而相应地定出对轻与重活动量劳动者供给数值。具体核算方法如下:

男性参考成人的基准为: 年龄20~39岁, 体重65kg, 健康, 无疾病并能适应8h具有中等度活动的工作, 在业余, 8h在床上睡眠, 4~6h作轻度活动, 2h为走路、文娱、休息及家务。

女性参考成人基准为: 年龄20~39岁, 健康状况与上述一致, 体重55kg, 从事轻工业工作, 或其他具

有中等活动的工作8h, 睡眠8h, 业余4~6h为很轻的活动, 2h为走路、文娱、休息及家务。

据此, 为了校正年龄因素对能量需要的改变, 故又定出年龄在40~49岁减少相应能量供给的5%, 50~59岁减少10%, 60~69岁减少20%, 而70岁以上减30%。对于婴幼儿则按每kg体重计算, 3个月内婴儿按每kg供给120kcal, 1岁内的婴儿则每kg体重平均供给112kcal。

我国营养学会于1981年和1988年制订的能量供给量见表1-3。

表1-3 各年龄组的能量供给

类别	能量(kcal)	类别	能量(kcal)		
婴儿 (不分性别)	初生 120/kg体重 6个月 100/kg体重	成年男子 (体重60kg)	极轻体力劳动 2400 轻体力劳动 2600		
儿童 (不分性别)	1岁 1100	18~40岁	中等体力劳动 3000 重体力劳动 3400 极重体力劳动 4000		
	2岁 1200		成年女子 (体重53kg)	极轻体力劳动 2200 轻体力劳动 2400	
	3岁 1400			18~40岁	中等体力劳动 2800 重体力劳动 3200
	5岁 1600				孕妇 (第4~6个月) +300
	7岁 2000	孕妇 (第7~9个月) +300			
10岁 2200	乳母 +800				
少年男子 (体重47kg)	13岁~ 2400				
(体重53kg)	16岁~ 2800				
少年女子 (体重45kg)	13岁~ 2300				
(体重48kg)	16岁~ 2400				

(李立群)

## 第二章 蛋白质

蛋白质(protein)普遍存在于生物界,从单细胞生物到人体都含有蛋白质,它是生命的物质基础。蛋白质也是动物体内含量最多的固体成分,约占体重15%~19%。

蛋白质也是人类膳食中的重要营养成分。人类依靠食物维持健康和生命,食物中的糖和脂肪以供能为主,而蛋白质除供能外,还有重要的生理功能,因此必须每天从膳食中得到补充和供应,这对儿童生长发育,妇女妊娠哺乳及创伤后修复,疾病后康复都十分重要。食物蛋白质营养上的重要性,决定其组成中的氨基酸,主要是营养必需氨基酸的含量与比例。

蛋白质分子的元素组成主要是C、H、O、N、S,一些蛋白质还含有Fe、Zn、Mn、P、I等。蛋白质元素组成的特点是含有相对恒定的氮元素,即不同食物蛋白质分子中氮的含量虽有差异,但都比较接近,在16%左右。因此可以通过蛋白质样品中氮含量的测定,乘以6.25,即为样品中蛋白质的含量。不同食物蛋白质含氮量折合成蛋白质含量的系数见表2-1。通过水解样品蛋白质得到氨基酸混合液,再用层析或电泳分离鉴定,也可进行蛋白质分子中氨基酸组成分析和食物蛋白质的营养价值分析。

表2-1 不同食物蛋白质含氮量折合成蛋白质含量的系数

蛋	肉	奶	大米	小麦	麦胚	玉米	大豆	花生	平均
6.25	6.25	6.38	5.95	5.83	6.31	6.25	5.71	5.46	6.25

不同的生物各有其一套独特且不同的蛋白质,同一种生物不同个体之间某些蛋白质也存在着差异,因此蛋白质具有种族特异性与个体特异性。大肠杆菌约由1000种蛋白质组成,人体内约有10万种不同的蛋白质,它们分别担负着不同的生理功能。蛋白质是一类大分子化合物,一般由100个以上的构件分子—氨基酸(amino acid)组成,所以蛋白质的分子量多上万或更大。在蛋白质分子中,相邻氨基酸(残基)以其 $\alpha$ -氨基和 $\alpha$ -羧基脱水形成肽键相连,从而形成一条链状不分支的多肽链。不同的蛋白质的氨基酸组成不同,其一级结构即氨基酸排列顺序不一样,其多肽链再进一步折叠卷曲形成特定且严密的三维空间结构(three dimensional structure,3D),因

此具有不同的生理功能和性质。

### 一、氨基酸的分类和蛋白质的营养价值

#### (一)氨基酸的分类

所有的蛋白质分子中都只存在着相同的20种氨基酸,受遗传密码控制,且这20种氨基酸除甘氨酸外都属L系即L, $\alpha$ -氨基酸,具有共同的化学结构通式,都具有不对称碳原子,氨基酸之间的不同在于其侧链-R。氨基酸也可按以下表中不同标准进行不同的分类(表2-2)。

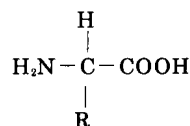







表2-2 蛋白质中20种氨基酸的结构和分类

氨基酸分类	名称与缩写	-R
碱性氨基酸	赖氨酸Lys	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
营 养 必 需 氨 基 酸	中性非极性氨基酸 色氨酸Trp	$-\text{CH}_2-$ 
	中性非极性氨基酸 蛋氨酸Met	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S-CH}_3$
	中性非极性氨基酸 苯丙氨酸Phe	$-\text{CH}_2-$ 
	中性非极性氨基酸 亮氨酸Leu	$-\text{CH}_2\text{-CH} < \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array}$
	中性非极性氨基酸 异亮氨酸Ile	$-\text{CH}_2 < \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_2\text{-CH}_3 \end{array}$
	中性极性氨基酸 苏氨酸Thr	$-\text{OHCH-CH}_3$
	中性非极性氨基酸 缬氨酸Val	$-\text{CH} < \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array}$
营 养 非 必 需 氨 基 酸	碱性氨基酸 组氨酸His	$-\text{CH}_2-$ 
	碱性氨基酸 精氨酸Arg	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH-C} \begin{array}{l} \leq \text{NH}_2 \\ \text{NH} \end{array}$
	中性非极性氨基酸 甘氨酸Gly	-H
	中性非极性氨基酸 丙氨酸Ala	-CH <sub>3</sub>
	中性极性氨基酸 丝氨酸Ser	-CH <sub>2</sub> -OH
	中性极性氨基酸 半胱氨酸Cys	-CH <sub>2</sub> -SH
	酸性氨基酸 谷氨酸Glu	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
	中性极性氨基酸 谷氨酰胺Gln	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CONH}_2$
	酸性氨基酸 天冬氨酸Asp	$-\text{CH}_2\text{-COOH}$
	中性极性氨基酸 天冬酰胺Asn	$-\text{CH}_2\text{-CONH}_2$
	中性极性氨基酸 酪氨酸Tyr	$-\text{CH}_2-$ 
	中性非极性氨基酸 脯氨酸Pro	分子  -COOH

按营养价值不同可将氨基酸分类。八种必需氨基酸(essential amino acid, EAA): 即赖氨酸、色氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸和十二种营养非必需氨基酸(nonessential amino acid, NEAA)。营养必需氨基酸是机体自己不能合成,但对健康与生命重要,必需依赖食物提供的氨基酸。婴儿因机体自己合成组氨酸不足,也必需依赖食物提供一部分,因此为九种必需氨基酸。也有报道组氨酸也为成人之必需,也要依赖食物提供。而营养非必需氨基酸,是指人体可通过糖类转变成其相应 $\alpha$ -酮酸,再通过转氨基而自行生成,故可不依赖食物供应。但作为原料,营养非必需氨基酸也都是体内蛋白质合成所必需的。体内营养非必需氨基酸如苯丙氨酸和蛋氨酸还可转变成营养非必需氨基酸酪氨酸和半胱氨酸。

## (二)蛋白质的营养价值

自然界所有蛋白质,都是由相同的20种氨基酸组成,氨基酸之间没有种族差异和个体差异。食物蛋白质的营养价值,取决于其中的营养必需氨基酸的含量及相对比例。按营养价值不同,蛋白质可分为高营养价值蛋白质(high nutrition protein)和低营养价值蛋白质(low nutrition protein)两类。高营养价值蛋白质中大多是动物蛋白质,如蛋、奶、肉中蛋白质。动物蛋白质中含有的必需氨基酸比较齐全,且其量之比接近人体蛋白质中各氨基酸的含量之比,因此易被人体所利用。植物蛋白质如玉米、小麦中蛋白质,营养必需氨基酸的含量和比例与人体蛋白质相差较大。大豆蛋白质则为植物蛋白质中营养价值最高的一种。

## 二、蛋白质的代谢

体内组织蛋白质和担负不同生理功能的蛋白质都不断地进行着代谢更新。蛋白质和氨基酸都有十分复杂的合成代谢与分解代谢,这些物质代谢伴随着复杂的能量代谢,其中合成代谢是消耗ATP的吸能反应,而分解代谢是生成ATP的放能反应。近年来十分复杂的蛋白质生物合成过程,通过分子生物学研究已初步阐明。

### (一)食物蛋白质的消化吸收

食物中含有各种不同的蛋白质,分别被消化道中一系列消化酶的连续水解作用,最终以游离氨基酸的形式被吸收。不同蛋白水解酶具有不同的作用特异性,其中胰蛋白酶主要水解蛋白质分子中碱性氨基酸羧基形成的肽键,糜蛋白酶主要水解蛋白质分子中芳香族氨基酸羧基形成的肽键,弹性蛋白酶主要水解蛋白质分子中中性脂肪族氨基酸羧基形成的肽键,而胃蛋白酶对食物蛋白质水解肽键的特异

性比较低。部分消化水解的蛋白质在肠道中继续在胰羧基肽酶和小肠氨基肽酶作用下,不断从肽链的游离羧基末端和氨基末端继续水解下来游离氨基酸,最终在小肠粘膜三肽酶、二肽酶作用下,彻底水解成游离氨基酸被机体吸收。异种蛋白质具有抗原性,未经消化水解的异体蛋白质吸收进入体内会产生过敏反应。

小肠中氨基酸的吸收是一个耗能的主动吸收过程,酸性、碱性、中性氨基酸分别与几类特异的载体蛋白质结合,并与钠离子一起被吸收,再经钠泵将钠离子排出细胞。氨基酸也可经酶催化与谷胱甘肽经转 $\gamma$ -谷氨酰基的循环,主动吸收入体内。不同蛋白质的消化吸收率为90%~99%。

### (二)血中游离氨基酸与体内氨基酸代谢池

吸收入血的游离氨基酸,即与体内蛋白质分解代谢释放的氨基酸混合组成氨基酸代谢池,参与体内蛋白质和氨基酸的合成与分解代谢(图2-1)。

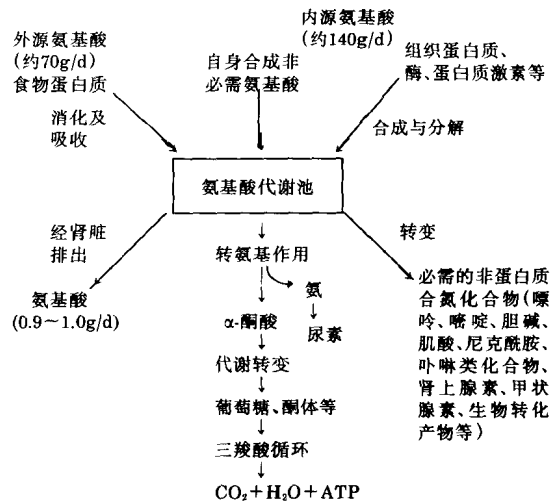


图2-1 体内氨基酸的代谢情况

人体内90%以上的氨基酸存在于蛋白质分子中,仅不到10%的游离氨基酸组成机体氨基酸代谢池,它包括全身细胞内和细胞外体液中所有氨基酸,一天内要全部更新交换多次,可见体内氨基酸代谢的活跃程度。不同的酸性、碱性或中性氨基酸穿过细胞膜进入各器官组织细胞内的代谢,也由细胞膜上不同种类的载体蛋白参与。

### (三)体内蛋白质的生物合成

储存在细胞核DNA分子中的遗传信息,即四种嘌呤、嘧啶脱氧核苷酸的排列顺序,经RNA合成而转录至RNA分子上,其中mRNA经加工成熟进入胞浆后,即作为蛋白质合成的直接模板,以其分子中四种嘌呤、嘧啶核苷酸的排列顺序,经三联密码“翻译”变成蛋白质分子中20种氨基酸的排列顺序。蛋白质

生物合成中原料是游离氨基酸,需耗用ATP、GTP供应能量,除以mRNA分子作为模板外,还需要tRNA分子结合并运输氨基酸。蛋白质合成的具体场所是在胞浆中含有多种蛋白质和rRNA组成的核糖(核蛋白)体上进行。

体内蛋白质生物合成的过程十分复杂,尚有不少细节未清楚,包括一些微量蛋白质如合成的起始因子、延长因子、终止因子的作用细节及其调节等。蛋白质合成的基本过程是当成熟mRNA分子从细胞核中穿过核膜进入胞浆后,即会迅速与胞浆中原来分开存在的核糖体大亚基和小亚基结合,并在核糖体P位上结合上第一个起始的蛋氨酰-tRNA,从而启动蛋白质的生物合成,此过程需要多个起始因子参与。此时胞浆中存在的原料氨基酸,又不断耗能分别与相应的tRNA分子结合,生成活化的氨基酰-tRNA,它们分别通过tRNA分子上的反密码识别mRNA上的各种氨基酸密码,通过核糖体从mRNA分子5'端向3'端的不断滑动,不断翻译成氨基酸,合成并延长多肽链。所谓蛋白质合成的“核糖体循环”,是指每次氨基酰-tRNA将原料氨基酸进位到核糖体的A位后,再经核糖体上转肽酶的催化,将P位上的氨基酰转到A位,与A位上的氨基酸生成肽键,然后P位上游离的tRNA从核糖体上脱落下来,再耗能并在延长因子作用下,核糖体从mRNA分子5'端向3'端移动一个密码,即三个核苷酸位置,使新的氨基酸密码出现在空出来的核糖体A位上,又可接受下一个新的氨基酰-tRNA运来的氨基酸,这样进位、转肽、脱落、移位的不断循环,使多肽链合成不断延长,直到核糖体A位上出现了mRNA的终止密码,此时在终止因子和核糖体上水解酶作用下,将产物多肽链从核糖体上水解下来,核糖体也重新解离成大亚基和小亚基,脱落下来游离的mRNA迅速被降解,从而完成蛋白质分子生物合成的全过程。有些蛋白质分子合成后,还要经过二硫键生成、氨基酸(残基)羟基化、甲基化修饰或亚基聚合等反应,才最终生成具有活性的蛋白质。

#### (四)体内蛋白质的分解代谢

组织更新中蛋白质的分解及衰老细胞中蛋白质的降解生成的各种氨基酸,虽各有其独特的分解代谢途径,但体内氨基酸都须经过脱氨作用生成 $\text{NH}_3$ 和 $\alpha$ -酮酸,少数氨基酸先脱羧生成 $\text{CO}_2$ 和胺,但胺类物质最终也脱氨生成 $\text{NH}_3$ 。脱氨方式除谷氨酸可直接氧化脱氨基外,其余氨基酸均经转氨基作用与脱氨基作用联合的联合脱氨基方式脱氨。

##### 1. $\text{NH}_3$ 的代谢

$\text{NH}_3$ 对机体是有毒的物质,尤其对人体中枢神

经系统。 $\text{NH}_3$ 在肝中经鸟氨酸循环,合成中性、无毒、水溶性的尿素,80%经肾脏随尿排出,但排入肠道的部分尿素可被肠道细菌的尿素酶水解,又生成 $\text{NH}_3$ 。随水分重吸收入肝,肝再把它合成尿素排泄,这就是尿素的“肠肝循环”。

鸟氨酸循环主要由三步反应组成。首先 $\text{NH}_3$ 与鸟氨酸在肝中特殊酶催化下耗能合成瓜氨酸,瓜氨酸再与来自天冬氨酸的氨基耗能合成精氨酸,最后精氨酸在精氨酸酶催化下水解放出尿素,同时恢复生成一分子鸟氨酸,再参与下一个尿素合成的鸟氨酸循环中。人排出的含氮代谢物中,80%左右是尿素,其余是嘌呤分解代谢的产物尿酸以及肌酐、铵盐等。

肝脏是人体合成尿素的主要器官,因此当肝功能衰竭时,不能及时将 $\text{NH}_3$ 转变成尿素解毒排泄时,就可引起肝性脑病(肝昏迷)。肾脏是人体排泄尿素的主要器官,过量蛋白质摄入或肾功能衰竭时,以尿素为主的血浆非蛋白质含氮物质(NPN)在体内滞留而升高,尿氮排泄情况参考本章表2-10。

##### 2. $\alpha$ -酮酸的代谢

各种氨基酸脱氨后生成的 $\alpha$ -酮酸,可与由糖、脂肪转变生成的 $\alpha$ -酮酸一起,既可经三羧酸循环彻底氧化分解生成 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,释放出能量供机体利用,也可转变成糖或脂肪。因为脂肪分解可生成酮体、乙酰乙酸、 $\beta$ -羟丁酸和丙酮,因此就有生糖、生酮和生糖兼成酮氨基酸之分了。蛋白质、脂类和糖类代谢关系十分密切,都由胰岛素、高血糖素、肾上腺素、肾上腺皮质激素等进行调节。饥饿时体内糖原、脂肪、蛋白质相继被动员出来分解利用供能,平时一部分糖转变成的 $\alpha$ -酮酸可经转氨基作用接受氨基生成营养非必需氨基酸,用于蛋白质的生物合成。

#### (五)氨基酸转变成体内一些重要的含氮物质

##### 1. 嘌呤和嘧啶

体内嘌呤和嘧啶含氮杂环,除少数可由体内核酸分子分解代谢释放后回收再利用的“补救合成”途径外,主要是由小分子化合物“从头合成”的途径,即以甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酰胺和由色氨酸或组氨酸转来的“一碳单位”为原料合成各种嘌呤环,也以天冬氨酸、谷氨酰胺和蛋氨酸供给的甲基为原料合成嘧啶环,体内合成过程中还有糖的参与,生成的是各种核苷酸。它们不仅作为核酸分子合成的构件分子,且一些核苷酸如ATP、UTP、CTP、GTP等还参与体内的能量代谢,参与糖原、磷脂和蛋白质的合成,参与体内一些辅酶如辅酶I( $\text{NAD}^+$ )、黄酶辅酶(FAD)和一些激素第二信使如cAMP、cGMP的合成等,起着十分重要的生理作用。

##### 2. 肌酸

肌酸是肌肉中富含的一种与能量代谢有关的特殊物质,与ATP相似,是分子中含有高能磷酸键的重要化合物。肌酸能与ATP进行可逆的高能磷酸键的转移,因此能在肌肉中以磷酸肌酸的形式储存能量,肌肉活动大量耗能时又能及时将高能磷酸键转移而使ADP重新转变成ATP。肌酸是以甘氨酸、精氨酸和由蛋氨酸提供的甲基为原料在肝、肾等组织中合成的。体内肌酸不断地代谢更新,平均每天占全身肌酸总量1.7%的肌酸或磷酸肌酸会脱水或脱磷酸生成肌酐,它是肌酸分解代谢产物,不能被机体再利用,肌酐也是尿中排泄的一种含氮物质。

### 3.胆碱

胆碱是磷脂分子中的重要含氮组成成分,故参与脂类的消化吸收、体内转运和分解利用。胆碱可由食物提供,或在体内由丝氨酸和蛋氨酸作为原料合成。酗酒和营养不良、胆碱合成不足时,肝中甘油三酯不能及时与磷脂结合而转运出去,从而在肝中堆积而形成脂肪肝,影响肝细胞正常代谢与功能。

4.肾上腺素、甲状腺素等激素及5-羟色胺、多巴胺等神经传递介质

以上氨基酸衍生物激素和神经递质,都是以酪氨酸为原料在体内合成的。

### 5.脑啡肽、促激素等活性多肽

体内大量活性多肽,如大脑中内啡肽、脑啡肽等脑肽及红细胞中谷胱甘肽,胸腺中胸腺肽,垂体和下丘脑中的促肾上腺皮质激素(ACTH)、催产素、加压素和促甲状腺素释放激素,分别都是一些重要的多肽。近年又陆续发现了一些重要的多肽或蛋白质生长因子,和其他组织蛋白质一样,也都是以氨基酸为原料合成的。

人体内蛋白质和氨基酸代谢以肝脏为最旺盛。从门静脉消化吸收进入体内的氨基酸,首先在肝中进行旺盛的合成代谢,包括血浆白蛋白与凝血因子的合成等,一部分再经肝静脉供应全身。大多数营养必需氨基酸降解与转变成糖、脂主要在肝中进行;三种支链氨基酸主要在骨骼肌和大脑、肾脏中降解。蛋白质分子中含量最多的氨基酸是丙氨酸和谷氨酸,它们转变生成的丙酮酸和 $\alpha$ -酮戊二酸,是沟通体内糖、脂、蛋白质代谢的桥梁与枢纽。

## 三、蛋白质的主要生理功能与代谢更新转换

### (一)蛋白质的主要生理功能

体内蛋白质具有十分广泛而重要的生理功能。

#### 1.蛋白质是各器官组织的主要结构成分

蛋白质维持着各器官组织的正常代谢与生理功能。例如:

(1)胶原蛋白。它是体内含量最多的蛋白质,是

皮肤、皮下结缔组织及肌腱、韧带的主要组成部分。骨骼中的胶原蛋白,结合了无机骨盐,使骨骼具有强大的坚性和韧性。

(2)肌动球蛋白。它是肌肉中的主要组成蛋白质,也是肌肉收缩的物质基础。骨骼肌是体内含量最多的组织,约占体重的45%左右,而肌纤维中肌动球蛋白,平均每天有50g左右进行着活跃的代谢更新。

(3)血红蛋白。它是血液中含有最多的蛋白质,有运输O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的生理功能。血红蛋白含量减少最常见于缺铁性贫血患者,它可影响机体的生活和工作,病人出现头晕、乏力、心悸等症状。

(4)血浆蛋白质。白蛋白(清蛋白)是血浆中含量最多的蛋白质,由肝细胞合成,具有维持血浆胶体渗透压,酸碱缓冲,营养,结合运输血浆中一些物质的生理功能。血浆白蛋白代谢更新快,转换率为17天,它可透过毛细血管壁进入组织被细胞分解利用。血浆球蛋白为糖蛋白,由浆细胞合成,主要是免疫球蛋白,它可与细菌或毒素发生凝集和沉淀反应,转换率为24天。食物蛋白质供应充分时,血浆中白蛋白与球蛋白含量正常;营养不良时血浆白蛋白含量减少,而炎症时球蛋白含量升高。

### 2.具有特殊生理功能的蛋白质

(1)酶蛋白。现知人体内上千种酶,化学本质无一不是单纯蛋白质或结合蛋白质。虽然最近从低等生物体内发现了一些具有催化功能的RNA分子,但这不能排除酶蛋白对生命的重要性。当食物蛋白质供应不足时,也会使组织蛋白和酶蛋白合成减少,催化代谢的酶活力下降,机体处于衰弱状态。

(2)激素蛋白。神经和激素调节着人体整体的生命活动和新陈代谢。部分激素的化学本质是氨基酸衍生物;部分激素的化学本质是多肽和蛋白质。如胰岛素,生长激素,催乳素是蛋白质;胰高血糖素,促肾上腺皮质激素,催产素是多肽。

(3)载脂蛋白。它有转运血浆中脂类的功能。脂蛋白代谢异常会引起高脂血症,动脉粥样硬化与冠心病。它们与脑血管疾病一起已占目前人群死亡谱中的“第一位”,可见脂蛋白及其代谢的重要性。

(4)凝血因子。其化学本质大多是蛋白质,由肝细胞合成,参与血液凝固过程。人凝血功能异常如亢进也会导致脑栓塞和动脉狭窄冠心病。

(5)受体蛋白。它包括激素受体,神经递质受体和药物受体等。其本质都是糖蛋白,分布在细胞膜或细胞浆中,参与并完成激素和神经的各种生理调节功能。

(6)膜蛋白。一些细胞膜上还有特殊的G蛋白与腺苷酸环化酶,鸟苷酸环化酶等,它们起着参与细胞

信息的传递及激素调节细胞生理功能的作用。

(7) 组蛋白和非组蛋白。它们在细胞核中与DNA结合组成染色质,有调节细胞DNA分子上基因开放与关闭的功能。

(8) 癌蛋白与抑癌蛋白。它们是癌基因与抑癌基因“翻译”合成的产物,具有调节细胞正常生长,分裂和凋亡等生理功能。只有当癌基因突变或过度表达和抑癌基因突变失活时,才有诱变细胞癌变的作用。它们都是目前医学分子生物学研究的重要领域。

(9) 生长因子。生长因子有几十种,目前还在不断地被发现。它们可促进细胞正常增生分裂与分化成熟,对机体创伤愈合也有促进作用,其化学本质也是多肽或蛋白质。

(10) 周期素(cyclin)。它是近年陆续被发现的一类蛋白质,在细胞分裂周期的不同阶段,分别起促进和调节作用。它也是目前医学细胞生物学与分子生物学关心的重要研究领域之一。

### 3. 供能

1g蛋白质在体内彻底氧化分解可释放4kcal的能量。一般蛋白质分解供能占全身能量供应的

10%~12%,儿童与青少年蛋白质摄入多,供能比例可高达15%或更多,但供能不是蛋白质的主要生理功能。

### 4. 其他重要功能

组成蛋白质的一些氨基酸,体内可能转变成嘌呤、嘧啶、肌酸、胆碱等许多重要生理功能的含氮物质。可见人体内千万种蛋白质的生理功能是极其复杂和多样化的。蛋白质的生理功能远超过糖类和脂类的生理功能,且蛋白质的生理功能不可能由糖和脂类来代替,因此食物中蛋白质的营养价值也超过糖和脂类。

### (二) 蛋白质在体内的代谢更新转换

体内蛋白质都处在不断地代谢更新转换动态中,完成各自重要的生理功能。图2-2概述了人体内一些细胞、器官组织中蛋白质的代谢更新动态以及人体与外周环境蛋白质、含氮物质的代谢交换。人体每天约有2.5%蛋白质进行代谢更新,大部分分解生成的氨基酸可再利用于蛋白质合成,只有少数氨基酸彻底氧化分解。

图中分泌进入消化道的蛋白质,包括各种消化

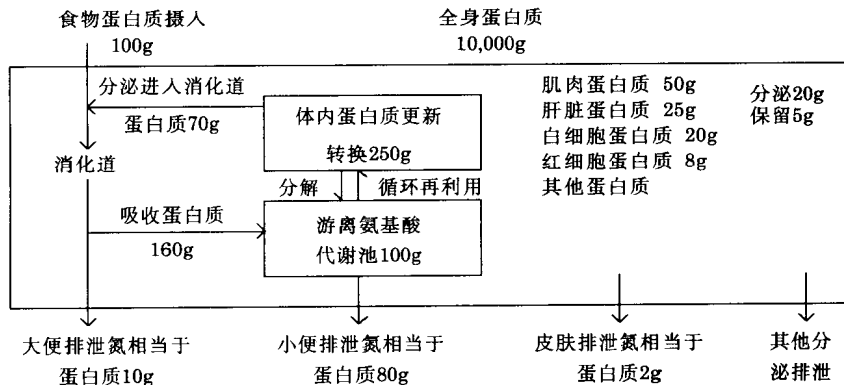


图2-2 人每天蛋白质代谢更新转换量

酶和脱落的粘膜上皮细胞中的蛋白质。“其他蛋白质”包括胶原蛋白、血浆蛋白质、组织酶蛋白等的代谢更新交换,“其他分泌排泄”包括头发、指甲、口腔与鼻腔分泌以及男性精液、女性月经中丢失的蛋白质量,目前都尚无精确统计,但其更新交换与其生理功能都是密切相关的。

人每天平均约有100g氨基酸更新转换并降解。血中游离氨基酸转换率除取决于蛋白质和糖等摄入量外,也与年龄等因素有关。摄入多血中更新也快,儿童生长发育期当摄入足够蛋白质血中氨基酸浓度高更新也快,而老年人消化吸收与代谢更新较慢。通过从人血浆中一些蛋白质的更新转换中,可了解体内蛋白质的代谢更新概况(表2-3)。

因此血浆白蛋白的含量,目前成为了解亚临床

病人营养状况的一项可靠指标,且由于其代谢更新速率快,也成为临床病人营养与能量供应充分或耗竭与否的一个灵敏指标。尤其检测血浆前白蛋白和视黄醇结合蛋白,因其代谢更新更快,因此是更为灵敏的指标。

表2-3 人血浆一些蛋白质的更新转换量

血浆蛋白质	血浆中浓度(g%)	全身含量(g)	血浆含量占全身量(%)	每天降解占全身量(%)	每天合成量(g)
白蛋白	4.2	280	4.5	4	11
免疫球蛋白G	1.1	58	58	4	2.1
免疫球蛋白M	0.1	4.5	74	8	0.3
纤维蛋白原	0.4	15	84	21	2.2
运铁蛋白	0.2	12	49	8	1.1
前白蛋白	0.03	2	4	27	0.5
视黄醇结合蛋白	0.006			120	

#### 四、蛋白质的需要量和供给量

##### (一)蛋白质和营养必需氨基酸的需要量

人体对营养蛋白质的需要量,成年人主要用来维持健康与生命,儿童还要保持正常的生长发育,妊娠和哺乳期妇女正常需要量还要增加,而老年人对蛋白质需要在量上一般不低于成年人,因消化功能逐渐衰退,质上要提高(表2-4)。

表2-4 中国人膳食中蛋白质需要量(g/d)

初生~6个月	2~4*	10岁	70
1岁	40	13~17岁	80~90
2岁	40	成年妇女	70
3岁	45	成年男子	75
5岁	50	妊娠	85~110
7岁	60	哺乳	110

\* g/(kg·d)

事实上,对蛋白质的需要量取决于对营养必需氨基酸的需要量。因此分开计算必需氨基酸的需要量,更为科学、准确(表2-5)。

表2-5 世界卫生组织推荐膳食中氨基酸需要量(mg/kg·d)

氨基酸	婴儿	2岁婴儿	10~12岁儿童	成人
异亮氨酸	70	31	30	10
亮氨酸	161	73	45	14
赖氨酸	103	64	60	12
蛋氨酸	58	27	27	13
苯丙氨酸	125	69	27	14
苏氨酸	87	37	35	7
色氨酸	17	12.5	4	3.5
缬氨酸	93	38	33	10
组氨酸	28		(8~12)	
总计	714	351.5	261	83.5

总需要量及其中必需氨基酸所占的比例,随年龄而异。

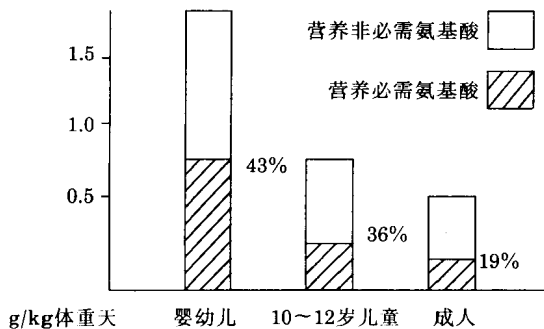


图2-3 不同年龄营养必需氨基酸需要量与所占百分比

我国地域辽阔,民族众多,各地经济发展与生活习俗包括饮食习惯差异颇大,因此对蛋白质的供给量也需按具体情况而定。至于国家间的标准与差异

就更大了。但一般成年人,必需氨基酸的需要量应约占总氨基酸的20%左右。但人膳食中是混合蛋白质,其营养价值不仅决定一种蛋白质的必需氨基酸种类和数量,更决定混合膳食中总必需氨基酸的量及种类是否齐全,比例是否恰当。

##### (二)蛋白质互补作用(complementary action of proteins)

蛋白质的互补作用,就是通过摄入混合食物中各种蛋白质所含必需氨基酸种类和数量的不同而相互取长补短,以提高蛋白质总的营养价值。例如谷类蛋白质中相对缺乏赖氨酸,即使含有色氨酸等营养必需氨基酸,但单独摄入营养价值不高;而大豆蛋白质中富含赖氨酸,但相对色氨酸含量不足,单独摄入营养价值也不高。今将两种蛋白质同时摄入,机体就可同时得到合适和充分的赖氨酸和色氨酸。因此不挑食、不偏食的饮食习惯有利于健康。蛋白质互补作用,提高了蛋白质的生理价值。蛋白质生理价值(biological value of protein)是指吸收到体内蛋白质中能被组织更新修复利用的蛋白质占食物蛋白质的百分比。一般动物蛋白质的生理价值高于植物蛋白质的生理价值,但混合食用植物蛋白质尤其是添加大豆蛋白质,其生理价值甚至可超过单一动物蛋白质的生理价值(表2-6)。

表2-6 食物蛋白质生理价值的互补作用

蛋白质来源	蛋白质摄入量占总蛋白质摄入量(%)	单独摄入时生理价值	混合摄入时生理价值
小麦	39	67	
小米	13	57	
大豆	22	64	89
牛肉	26	69	
小麦	25	67	
小米	19	57	
大豆	34	64	74
豌豆	22	48	

##### (三)疾病时蛋白质的供给量

临床发热,大出血,骨折,创伤,手术后等急性期,病人体内蛋白质消耗或丢失过多;胃肠病人包括胃肠手术后禁食等,即使存在不同疾病,轻重程度和病程以及病人营养状况有所差异,但及时补充氨基酸或蛋白质对病人的药物疗效,伤口愈合及体力,精力恢复都很重要。除给病人美味高营养食物外,过去静脉滴注酪蛋白水解液因常可引起过敏,目前已被含1:1营养必需和营养非必需结晶氨基酸滴注液所取代。但进食蛋白质太多也不一定有益,尤其对肝病、肾病患者,会增加其代谢转化负担和代谢废物排泄负担,这对肝功能衰竭有肝昏迷和肾功能衰竭有尿



毒症者尤需辨证考虑。因此一般而言不再补给豆类蛋白质而改用高营养动物蛋白质。另外,手术前足够的蛋白质高营养补给,作为支持疗法,也可帮助病人接受手术治疗,使之能耐受手术给病人带来的创伤,这都是营养与疾病治疗有密切关系的一些实例。

### 五、蛋白质膳食来源与含氮代谢物的排泄

#### (一)蛋白质的膳食来源

人体从各种动、植物食物中得到各种蛋白质,其中动物蛋白质易被机体利用且生理价值一般较高。尤其蛋和人奶的营养价值更高,应尽量鼓励用母乳喂养婴儿。

大豆富含蛋白质,其最大缺点是含有胰蛋白酶抑制物,因此摄入后不易被消化,多吃后在肠道腐败,会有胀气等不适,但通过加热制成豆制品,就可避免以上缺点,因此大豆制品是富含蛋白质的廉价食品。足量的膳食蛋白质,对健康尤其是促进儿童生长发育、加速伤口愈合及疾病恢复密切相关。食物中蛋白质供给不足,肝脏和血浆中蛋白质合成量便减少,因此每天需有必需量的营养蛋白质供应,成人为70~75g左右。但是过多蛋白质摄入机体也不会储存,反会诱导肝中降解它们的酪氨酸转氨酶、色氨酸吡咯酶等活性升高,将其降解,转变成糖或分解供能,并合成尿素排泄,因此协调平衡膳食中合理的蛋白质与各种营养素摄入比例十分重要(表2-7~2-9)。

表2-7 日常食物蛋白质含量与生理价值

食物种类	蛋白质含量(%)	生理价值(%)
动物类:鸡蛋	13.4	94
牛奶	3.3	85
猪肉	15.4	74
牛肉	18.8	69
鱼	18.1	72
谷类:大米	8.5	77
小麦	12.4	67
玉米	8.6	60
小米	9.7	57
高粱	9.5	56
豆类:大豆	39.2	64
花生	25.8	59
蔬菜类:大白菜	1.1	76
南瓜	1.2	63
土豆	2.0	67

#### (二)蛋白质的含氮代谢物排泄

蛋白质的分解代谢产物,除CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、硫酸根等外,主要是各种含氮代谢物,大多通过肾脏排泄,它们包括尿素、尿酸、肌肝、胆色素、NH<sub>3</sub>等,其中尿素一般占80%。正常生理情况下,人体每天尿中肌酐

的排泄量相对恒定,而尿素排泄量随食物蛋白质摄入量波动较大,尿中碱性NH<sub>3</sub>的排泄在肾中还有协调机体酸碱平衡的作用。当机体饥饿或出现糖尿病酮症酸中毒等情况时,尿中NH<sub>3</sub>排泄量会骤增。通过尿中各种含氮代谢物排泄的分析,也可帮助了解体内蛋白质摄入及代谢的状况(表2-10)。

表2-8 日常食物蛋白质中必需氨基酸含量  
(mg/100g食物)

食物种类	缬氨酸	亮氨酸	异亮氨酸	苏氨酸	苯丙氨酸	色氨酸	蛋氨酸	赖氨酸
鸡蛋	866	1175	639	664	715	204	433	715
牛奶	215	305	145	142	150	42	88	237
猪肉	1134	1624	857	1019	805	268	557	1627
牛肉	1040	1459	765	926	700	208	508	1440
鱼	700	377	795	684	604	128	399	1150
鸡肉	1200	1842	955	1182	903	266	646	1350
鸭肉	1649	1542	778	954	762	223	495	1571
大米	394	610	251	280	344	122	125	255
小麦	454	763	384	328	487	122	151	262
玉米	415	1274	275	370	416	65	153	308
小米	548	1489	376	467	562	202	300	227
大麦	525	925	335	388	405	143	175	409
大豆	1800	3631	1607	1645	1800	462	400	2293
蔬菜	55	37	27	28	24	6	7	31
土豆	113	113	70	71	81	32	30	93

表2-9 日常食物蛋白质的消化率(%)

食物种类	儿童消化率	成人消化率
鸡蛋	95	97
牛奶	93	97
大米	85	84
玉米	62	78
大豆		78

表2-10 成人不同膳食情况下尿氮的排泄(g/d)

尿氮化合物	高蛋白饮食	低蛋白饮食	饥饿1d	饥饿2d
总氮量	16.80	3.60	10.51	8.77
尿素氮量	14.70	2.20	8.96	6.62
NH <sub>3</sub> 氮量	0.49	0.42	0.40	1.05
尿酸氮量	0.18	0.09	0.12	0.17
肌酐氮量	0.58	0.60	0.44	0.39
未知物氮量	0.85	0.27	0.59	0.54
各占总氮量(%)				
尿素氮量	87.5	61.7	85.1	75.4
NH <sub>3</sub> 氮量	30	11.3	3.8	12.0
尿酸氮量	1.1	2.5	1.1	1.9
肌酐氮量	3.6	17.2	4.2	4.4
未知物氮量	4.9	7.3	5.6	6.1