



医药卫生类专业“互联网+”精品教材

营养与膳食

YINGYANG YU SHANSHI

主 编 李 玮 崔红艳



扫描二维码
共享立体资源

营养与膳食

主
编
李
玮
崔
红
艳



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

第一部分 营养学基础

1 绪论

- 2 第一节 营养学简史
- 4 第二节 营养学基本概念
- 7 第三节 食物消化和吸收

13 第一章 营养素的营养功能

- 14 第一节 人体的能量消耗与供给
- 18 第二节 蛋白质
- 23 第三节 脂类
- 29 第四节 糖类
- 32 第五节 维生素
- 39 第六节 矿物元素
- 48 第七节 膳食纤维
- 50 第八节 水

54 第二章 食物的营养功能

- 55 第一节 概述
- 57 第二节 谷薯类食物的营养功能
- 62 第三节 蔬菜水果类食物的营养功能
- 70 第四节 动物性食物的营养功能
- 78 第五节 大豆坚果类食物的营养功能
- 81 第六节 油脂类食物的营养功能

91 第三章 营养调查与评价

92 第一节 一般人群的营养调查与评价

98 第二节 患者的营养状况评价

105 第四章 合理营养与平衡膳食

106 第一节 膳食营养素参考摄入量

108 第二节 中国居民膳食指南

119 第三节 饮食调配和食谱编制

127 第五章 特定人群的营养指导

128 第一节 孕妇的营养指导

132 第二节 哺乳期妇女的营养指导

134 第三节 婴幼儿的营养指导

138 第四节 儿童的营养指导

140 第五节 老年人的营养指导

142 第六节 素食人群的营养指导

第二部分 疾病与营养

145 第六章 临床营养概述

146 第一节 医院膳食

148 第二节 胃肠内营养支持

152 第三节 胃肠外营养支持

159 第七章 常见消化系统疾病患者的营养

160 第一节 胃炎患者的营养

163 第二节 消化性溃疡患者的营养

166 第三节 便秘患者的营养

168 第四节 病毒性肝炎患者的营养

170 第五节 胆囊炎和胆结石患者的营养

172 第六节 胰腺炎患者的营养

177 第八章 常见循环系统疾病患者的营养

178 第一节 动脉粥样硬化性心脏病患者的营养

181 第二节 冠心病患者的营养

183 第三节 原发性高血压患者的营养

188 第九章 常见泌尿生殖系统疾病患者的营养

190 第一节 急性肾炎患者的营养

192 第二节 慢性肾炎患者的营养

193 第三节 肾病综合征患者的营养

195 第四节 急性肾衰竭患者的营养

196 第五节 慢性肾衰竭患者的营养

199 第十章 肿瘤患者的营养

201 第一节 膳食与肿瘤

202 第二节 常见肿瘤患者的营养

209 第十一章 常见内分泌、营养及代谢性疾病患者的营养

210 第一节 甲状腺功能亢进症患者的营养

211 第二节 糖尿病患者的营养

214 第三节 痛风患者的营养

216 第四节 营养不良患者的营养

219 第五节 维生素缺乏病患者的营养

224 第六节 常见矿物元素缺乏病患者的营养

230 第十二章 常见外科疾病患者的营养

231 第一节 胃大部切除患者的营养

233 第二节 烧伤患者的营养

235 第三节 短肠综合征患者的营养

238 实训指导

238 实训项目一 体脂测量

239 实训项目二 膳食调查与评价

242 实训项目三 食谱的编制和评价

243 实训项目四 营养教育

244 附录

244 附录1 常见食物的一般营养成分（100 g 食部含量）

252 附录2 中国居民膳食营养素参考摄入量

257 附录3 中华传统食物养生知识概述

264 参考答案

272 参考文献

第一章

营养素的营养功能

学习目标

» 知识目标

能够说出基础代谢、食物特殊动力作用、必需氨基酸等概念，会区分不同营养素的营养功能。

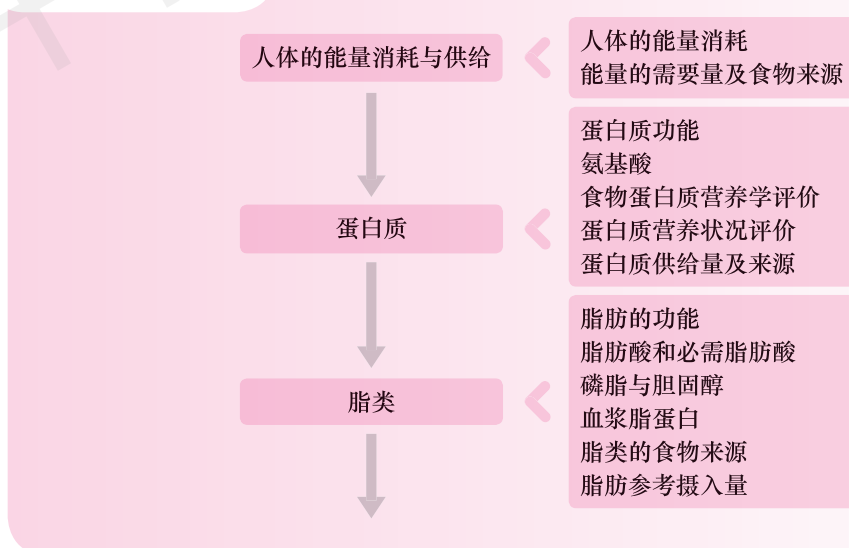
» 能力目标

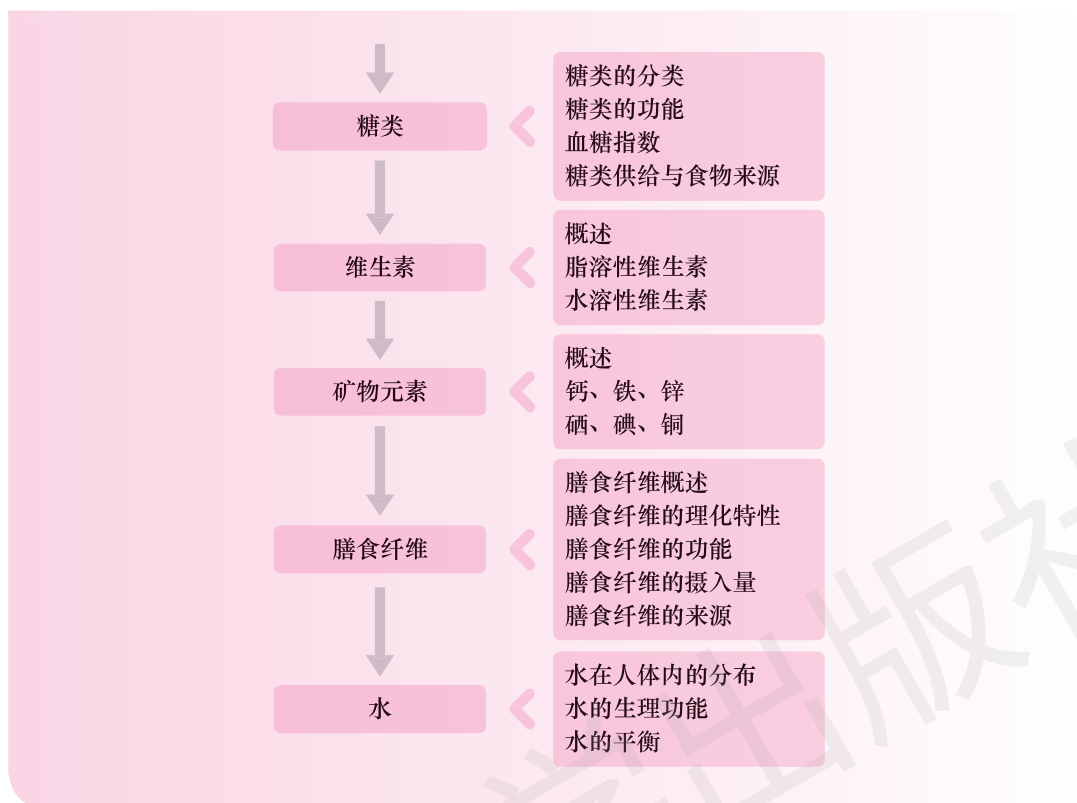
具有为自身及个体人群制订个性化能量方案的能力。

» 素质目标

剖析社会热点，关注粮食安全。

知识导图





护理情境

还记得曾经轰动一时的“大头娃娃”事件吗？造成这一事件的原因是不法商人用米粉、淀粉、蔗糖等代替乳粉。通过调查证实，劣质奶粉中的婴儿生长发育所必需的蛋白质、脂类、维生素和矿物质的含量远远低于国家标准。

思考

1. 劣质奶粉中缺少了什么？你认为这种劣质奶粉为什么会致“大头”现象？
2. 你该如何对他们进行饮食治疗？

第一节 人体的能量消耗与供给

能量又称为热能、热量、热卡；包括热和能两种。在体内，热量维持体温恒定并不断地向外环境散发，能量可维持各种生理和体力活动正常进行。

能量的国际单位是焦耳 (joule, J)，营养学使用的是其 1 000 倍单位，即千焦耳 (kilojoule, kJ)。有些国家如美国和加拿大仍继



基础代谢能量
消耗的计算



用卡 (calorie, cal) 和千卡 (kilo calories, kcal)。其换算关系如下:

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}; 1 \text{ J} = 0.239 \text{ cal}.$$

$$1 \text{ 000 kcal} = 4.184 \text{ MJ}; 1 \text{ MJ} = 239 \text{ kcal}.$$

由于食物中生热营养素不可能全部被消化吸收,且消化率也各不相同;消化吸收后,在体内也不一定完全彻底被氧化分解产生能量,特别是蛋白质,可产生某些不能继续被分解利用的含氮化合物,如尿素、肌酐、尿酸等。所以,营养学实际应用时,食物中生热营养素产热多少按下列换算关系进行。1 g 营养物质彻底分解所能为人体提供的热能称为该营养物质的热能系数,人体内三大产热营养物质的热能系数分别为:1 g 糖类约产生热能 16.7 kJ (4.0 kcal),1 g 蛋白质约产生热能 16.7 kJ (4.0 kcal),1 g 脂肪约产生热能 36.7 kJ (9.0 kcal)。

一、人体的能量消耗

在理想状态下,个体的能量需要量等于其消耗量。成年人能量消耗包括基础代谢、体力活动和食物热效应。特殊人群如孕妇、婴幼儿、儿童、青少年、患者等还需要其他的能量消耗。为达到能量平衡,人体每天摄入能量能满足需要即可,这样才能有健康体质和良好工作效率。

(一) 基础代谢

基础代谢 (basal metabolism) 是指维持生命最低能量消耗。即人体在安静和恒温条件下,室温为 18~25 ℃ 时,禁食 12 小时后,静卧、放松且清醒时的能量消耗。此时能量仅用于维持体温和呼吸、血液循环及其他器官的生理需要。为确定基础代谢能量消耗 (basic energy expenditure, BEE), 必须首先确定基础代谢率 (basic metabolic rate, BMR)。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 (或每千克体重) 的能量消耗。按下列方法可计算出每天基础代谢能量消耗。

1. 用体表面积进行计算 我国 1984 年提出相对适合中国人体体表面积的计算公式如下。

$$\text{基础代谢} = \text{体表面积} (\text{m}^2) \times \text{基础代谢率} [\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \text{ 或 } \text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$$

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

根据这个公式先计算体表面积,再按年龄、性别,可在相关的表中查出对应的 BMR,计算 24 小时基础代谢水平。人熟睡时,能量消耗比基础代谢约少 10%,故计算时应扣除睡眠时少消耗的能量。中国人正常基础代谢率平均值,见表 1-1。

表 1-1 中国人正常基础代谢率平均值 [kJ/(m²·h)]

年龄/岁	11~15	16~17	18~19	20~30	31~40	41~50	>51
男	195.5 (46.7)	193.4 (46.2)	166.2 (39.7)	157.8 (37.9)	158.7 (37.7)	154.1 (36.8)	149.1 (35.6)
女	172.5 (41.2)	181.7 (43.4)	154.1 (36.8)	146.5 (35.1)	146.4 (35.0)	142.4 (34.0)	138.6 (33.1)

注:() 内数值的单位为 kcal/(m²·h)。

2. 直接用公式计算 Harris 和 Benedict 提出下列公式,可根据年龄、身高和体重直接计算基础代谢能量消耗。



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

3. 估算法 更为简单的方法是, 成人按每千克体重每小时男性 4.18 kJ (1 kcal), 女性 3.97 kJ (0.95 kcal), 与体重相乘, 直接计算, 结果相对粗略。

4. WHO 建议计算方法 WHO 于 1985 年推荐使用下列公式, 计算 1 天基础代谢能量消耗, 见表 1-2。

表 1-2 按体重计算 BMR 的公式

年龄 / 岁	男		女	
	MJ/d	kcal/d	MJ/d	kcal/d
0~	$0.255\ 0m - 0.226$	$60.9m - 54$	$0.255\ 0m - 0.214$	$61.0m - 51$
3~	$0.094\ 9m + 2.07$	$22.7m + 495$	$0.941\ 0m + 2.09$	$22.5m + 499$
10~	$0.073\ 2m + 2.72$	$17.5m + 651$	$0.051\ 0m + 3.12$	$12.2m + 746$
18~	$0.064\ 0m + 2.84$	$15.3m + 679$	$0.061\ 5m + 2.08$	$14.7m + 496$
30~	$0.048\ 5m + 3.67$	$11.6m + 879$	$0.036\ 4m + 3.47$	$8.7m + 820$

注: m ——体重 (kg)。

5. 静息代谢率 由于基础代谢率的测定比较困难, WHO 于 1985 年提出用静息代谢率 (resting metabolic rate, RMR) 代替 BMR。测定时, 全身处于休息状态, 禁食仅需 4 小时。因此, RMR 的值常略高于 BMR。相关数据见表 1-3。

表 1-3 人体 24 小时静息代谢参考值 (kcal)

年龄 / 岁		体重 /kg								
		40	50	57	64	70	77	84	91	100
男性	10~	1 351	1 526	1 648	1 771	1 876	1 998	2 121	2 243	2 401
	18~	1 291	1 444	1 551	1 658	1 750	1 857	1 964	2 071	2 209
	30~	1 343	1 459	1 540	1 621	1 691	1 772	1 853	1 935	3 039
	60~	1 027	1 162	1 256	1 351	1 423	1 526	1 621	1 761	1 837
女性	10~	1 234	1 356	1 441	1 527	1 600	1 685	1 771	1 856	1 966
	18~	1 084	1 231	1 334	1 437	1 525	1 682	1 731	1 833	1 966
	30~	1 177	1 264	1 325	1 386	1 438	1 499	1 560	1 621	1 699
	60~	1 016	1 121	1 195	1 268	1 331	1 404	1 478	1 552	1 646

人体基础代谢不仅存在个体间差异, 自身基础代谢也常有变化。影响人体基础代谢的因素有以下几种。

(1) 体表面积: 基础代谢率的高低与体重并不呈比例关系, 但与体表面积基本呈正比。

(2) 年龄: 人的一生中, 婴幼儿阶段代谢最为活跃, 青春期又出现一个较高代谢的阶段。成年后随着年龄增长, 基础代谢水平不断下降, 30 岁后, 每 10 年降低约 2%, 60 岁以后下降得更多。



(3) 性别：同一年龄、同一体表面积的情况下，男性基础代谢水平比女性高 5%~10%。

(4) 激素：激素对细胞的代谢及调节都有较大影响。如甲状腺功能亢进症可使基础代谢率明显升高；相反，患黏液水肿，基础代谢低于正常。去肾上腺素可使基础代谢率下降 25%。

(5) 季节与劳动强度：季节与劳动强度对基础代谢有明显影响，冬季基础代谢高于夏季；劳动强度高者高于劳动强度低者。

(6) 其他因素：如尼古丁和咖啡因可刺激基础代谢水平升高，过多摄入，精神紧张时，都可以升高基础代谢水平。另外，在禁食、饥饿或少食时，基础代谢水平也相应降低。

(二) 体力活动

各种体力活动所消耗的能量占人体能量总消耗的 15%~30%。这是人体能量消耗变化最大，也是人体控制能量消耗、保持能量平衡、维持健康最重要的部分。体力活动所消耗能量的多少与 3 个因素有关。①肌肉越发达者，活动时消耗能量越多。②体重超重者，做相同运动所消耗能量越多。③活动时间越长、强度越大，消耗能量越多。

人类体力活动的种类很多，很难进行准确区分，2000 年中国营养学会 DRIs 将活动强度分为 3 级，如表 1-4 所示。

表 1-4 活动强度分级

活动强度分级	活动时间分配	活动内容举例	能量 RNI/kcal (男: 18 岁)
轻体力活动	75% 的时间坐或站立, 25% 的时间站着活动	办公室工作、电器钟表维修、化学实验操作、讲课等	2 400
中体力活动	40% 的时间坐或站立, 60% 的时间特殊活动	学生日常活动、机动车驾驶、电工安装、车床操作、金工切割等	2 700
重体力活动	25% 的时间坐或站立, 75% 的时间特殊活动	非机械化农业劳动、炼钢、舞蹈、体育运动等	3 200

(三) 食物特殊动力作用

食物特殊动力作用 (specific dynamic action, SDA) 现称食物热效应 (thermic effect of food, TEF)。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能量散发，这种因摄食而引起的能量额外消耗称食物热效应。

不同成分的食物热效应不等。脂肪食物热效应消耗本身产生效能 4%~5%，糖类为 5%~6%，蛋白质特别高达 30%。由此可知，食物热效应与食物成分、进食量和进食频率有关。通常含蛋白质丰富的食物最高，其次是富含糖类食物，最后才是富含脂肪的食物。混合性食物的食物热效应占其总能量的 10%。

(四) 其他能量消耗

孕妇还应包括母体组织，即子宫、乳房、胎盘生长发育和体脂储备及胎儿的生长发育；乳母则需要合成乳汁；婴幼儿、儿童、青少年应包括生长发育的能量需要；创伤患



者康复期间也需要能量；等等。

二、能量的需要量及食物来源

人体能量代谢最佳状态是达到能量消耗与能量摄入平衡。这种能量平衡能使机体保持健康，并能胜任必要的社会、生产和经济活动。

能量平衡与否，与健康关系极大。由于饥饿或疾病等原因，引起能量摄入不足，可导致体力下降、工作效率低下；而能量摄入不足会造成脂肪储存太少，身体对环境适应能力和抗病能力下降。女性体重太低，会造成性成熟延迟，易生产低体重婴儿。年老时能量摄入不足，会增加营养不良的危险。此外，过多能量摄入，已使西方国家居民产生了严重的健康问题。如肥胖症、原发性高血压、心脏病、糖尿病和某些癌症的发病率明显高于其他国家，已严重地危害到人们的健康。我国近些年来也有类似的危险趋势。

食物中的糖类、脂肪和蛋白质是人体的能量来源，这三种产热营养素普遍存在于各类食物中。动物性食物含有较多的脂肪和蛋白质；植物性食物中的油料作物的籽仁含有丰富的脂肪；谷类中则以糖类为主；大豆除含脂肪外还含有丰富的蛋白质；坚果，如花生、核桃等与大豆近似；蔬菜水果中含能量很少。糖类、脂肪和蛋白质这三种供给能量的营养素在代谢中可以互相转化，但彼此不能完全替代，因为它们在人体内还各自有独特的生理功能。它们在膳食中应保持恰当的比例。根据我国人民的膳食习惯，在摄入的总能量中糖类提供的能量应占 60%~70%，脂肪提供的能量应占 20%~25%，蛋白质提供的能量应占 10%~15%。

■ 第二节 蛋白质

蛋白质 (protein) 是一切生命的物质基础，没有蛋白质就没有生命，可见蛋白质对人体的重要性。正常成人体内 16%~19% 是蛋白质。人体内蛋白质始终处于不断地分解、又不断地合成的动态平衡中，借以实现组织蛋白不断更新和修复。总体来说，人体内每天约更新 3% 的蛋白质。

一、蛋白质功能

1. 构成人体组织成分 人体任何组织和器官，都是以蛋白质作为重要组成成分的，所以人体在生长过程中，蛋白质就会不断地增加。人体组织 (lean tissue) 中，如肌肉、心、肝、肾等器官含大量蛋白质；骨骼和牙齿含大量胶原蛋白，指 (趾) 甲含角蛋白；细胞中从细胞膜到细胞内各种结构均含蛋白质。可见蛋白质是人体不能缺少的构成成分。

2. 构成体内各种重要物质 如蛋白酶、激素、抗体、血液中蛋白质等，均担负着各种重要的生理功能；其在体液内具有可溶性且可离解为阴、阳离子的蛋白质，可以维持体液渗透压和酸碱度的稳定；此外，血液凝固、视觉形成、人体运动等，无一不与蛋白质有关。

3. 供给能量 蛋白质中含碳、氢、氧元素，当机体需要时，可以被代谢分解，释放



出能量。1 g 食物蛋白质在体内约产生 16.7 kJ (4.0 kcal) 的能量。

二、氨基酸

(一) 氨基酸 (amino acid)

氨基酸是蛋白质的基本结构单位,蛋白质是氨基酸分子间通过肽键连接,而形成的具有一定空间结构的有机大分子化合物。构成人体的蛋白质氨基酸有 20 种,见表 1-5。蛋白质分解时的次级结构称肽 (peptide)。

(二) 必需氨基酸

在构成人体蛋白质的 20 种氨基酸中,有 9 种氨基酸,人体不能合成或合成速度不能满足机体需要,必须从食物中直接获得,称为必需氨基酸 (essential amino acid, EAA); 其中组氨酸为婴儿必需氨基酸,还有 9 种人体自身可以合成并能满足机体需要,称非必需氨基酸 (nonessential amino acid, NEAA), 见表 1-5。

表 1-5 组成人体蛋白质的氨基酸列表

必需氨基酸		非必需氨基酸		条件必需氨基酸	
异亮氨酸	Isoleucine	丙氨酸	Alanine	半胱氨酸	Cysteine
亮氨酸	Leucine	精氨酸	Arginine	酪氨酸	Tyrosine
苏氨酸	Threonine	天冬酰胺	Asparagine		
色氨酸	Tryptophan	天冬氨酸	Aspartic acid		
缬氨酸	Valine	谷氨酰胺	Glutamine		
赖氨酸	Lysine	谷氨酸	Glutamic acid		
蛋氨酸	Methionine	甘氨酸	Glycine		
苯丙氨酸	Phenylalanine	脯氨酸	Proline		
组氨酸	Histidine	丝氨酸	Serine		

(三) 氨基酸模式与限制氨基酸

人体蛋白质及食物蛋白质必需氨基酸种类和含量有差异,营养学用氨基酸模式 (amino acid pattern) 来表示这种差异。所谓氨基酸模式,是指某种蛋白质各种必需氨基酸构成的比例。其计算方法是将该种蛋白质的色氨酸含量视为 1,分别计算出其他必需氨基酸的相应比值,这些比值就是该种蛋白质的氨基酸模式,见表 1-6。

表 1-6 几种食物和人体蛋白质氨基酸模式

氨基酸	人体	全鸡蛋	牛奶	牛肉	大豆	面粉	大米
异亮氨酸	4.0	3.2	3.4	4.4	4.3	3.8	4.0
亮氨酸	7.0	5.1	6.8	6.8	5.7	6.4	6.3
赖氨酸	5.5	4.1	5.6	7.2	4.9	1.8	2.3
甲硫氨酸 + 半胱氨酸	3.5	3.4	2.4	3.2	1.2	2.8	2.3
苯丙氨酸 + 酪氨酸	6.0	5.5	7.3	6.2	3.2	7.2	3.8



续表

氨基酸	人体	全鸡蛋	牛奶	牛肉	大豆	面粉	大米
苏氨酸	4.5	2.8	3.1	3.6	2.8	2.5	2.9
缬氨酸	5.0	3.9	4.6	4.6	3.2	3.8	4.8
色氨酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质越接近时，必需氨基酸被机体利用的程度越高，食物蛋白质的营养价值也相对越高，如动物性蛋白质中的蛋类、奶类、肉类、鱼类等及大豆蛋白质，因此，这些蛋白质统称为优质蛋白质。反之，食物蛋白质中1种或几种必需氨基酸相对含量较低，使其他必需氨基酸不能被充分利用而浪费，蛋白质营养价值降低，这些含量相对较低的必需氨基酸称为限制氨基酸(limiting amino acid)。其中，含量最低的称为第一限制氨基酸，余者以此类推。植物性蛋白常相对缺少下列必需氨基酸：赖氨酸、甲硫氨酸、苏氨酸和色氨酸，所以其营养价值相对较低，如大米和面粉蛋白质赖氨酸含量最少。为提高植物性蛋白质的营养价值，常将2种或2种以上食物混合食用，这种相互补充其必需氨基酸不足的作用，称为蛋白质互补作用(complementary action)。如将大豆制品和米面同时食用，大豆蛋白可弥补米、面蛋白赖氨酸不足，米、面也可以在一定程度上补充大豆蛋白甲硫氨酸不足，起到互补作用。

(四) 氮平衡

所谓氮平衡，是反映机体摄入氮和排出氮的关系，分解代谢和合成代谢处于动态平衡，这种平衡可用氮平衡(nitrogen balance)表示。通常食物蛋白质含氮量约为16%。其关系式如下：

$$B = I - (U + F + S)$$

B ：氮平衡； I ：摄入氮； U ：尿氮； F ：粪氮； S ：皮肤等氮损失。

成年人摄入和排出的氮量大致相等， B 等于或接近零，摄入氮在 $\pm 5\%$ 以内，为零氮平衡(zero nitrogen balance)；儿童在生长发育时期、妇女怀孕期、疾病恢复期有部分蛋白质在体内滞留， B 为正数，为正氮平衡(positive nitrogen balance)，以满足机体对蛋白质额外的需要；衰老、短暂的饥饿或某些消耗性疾病，排出氮量大于摄入氮量， B 为负数，为负氮平衡(negative nitrogen balance)，在这种状况下，应尽可能增加蛋白质供应，减轻或改变负氮平衡。氮平衡受到能量、活动量、激素、蛋白质与氨基酸摄入量各种应激状态等因素影响。

三、食物蛋白质营养学评价

评价食品蛋白质营养价值，对于食品质量鉴定、新食品资源研究和开发，指导人们饮食等许多方面，都十分必要。各种食物，其蛋白质含量、氨基酸模式等都不同，人体对不同蛋白质的消化、吸收和利用程度也存在差异，所以营养学主要从食物蛋白质含量、被消化吸收程度和被人体利用程度这三个方面进行全面评价。

(一) 蛋白质含量

蛋白质含量是食物蛋白质营养价值的基础。食物中蛋白质含量测定常用微量凯氏



(Kjeldahl) 定氮法，测定食物中氮含量，再乘由氮计算的蛋白质换算系数，可得食物蛋白质含量。同种食物的换算系数不变，换算系数根据氮占蛋白质的百分比计算。食物含氮量占蛋白质的 16%，其倒数即为 6.25，由氮计算的蛋白质换算系数是 6.25。

(二) 蛋白质消化率

蛋白质消化率 (digestibility) 是指一种食物蛋白质可被消化酶分解的程度。蛋白质消化率越高，被人体吸收利用的可能性越大，营养价值也越高。蛋白质消化率的计算方法：蛋白质消化率 = 蛋白质中被消化吸收的氮的数量 / 食物中含氮总量 × 100%。蛋白质消化率不仅反映蛋白质在体内被分解的程度，同时还反映消化后氨基酸和肽被吸收的程度。因蛋白质在食物中存在的形式、结构各不相同，食物中还有不利于蛋白质吸收的其他因素影响等，不同食物或同种食物不同加工方式，其蛋白质消化率都有差异。如动物性食品蛋白质通常高于植物性食品 (表 1-7)。大豆整粒食用时，消化率仅 60%，而加工成豆腐后，消化率提高到 90% 以上，这是因为加工时，去除了大豆纤维素和其他不利于蛋白质消化吸收的影响因素。

表 1-7 常用食物蛋白质消化率 (%)

食物	真消化率	食物	真消化率	食物	真消化率
鸡蛋	97 ± 3	大米	88 ± 4	大豆粉	86 ± 7
牛奶	95 ± 3	面粉	96 ± 4	菜豆	78
肉、鱼	94 ± 3	燕麦	86 ± 7	花生酱	88
玉米	85 ± 6	小米	79	中国混合食物	96

(三) 蛋白质利用率

衡量蛋白质利用率的指标很多，各种指标分别从不同角度反映蛋白质利用程度。常用评价指标有生物价等。蛋白质生物价是指被机体利用程度指标。机体利用率越高，生物价的值越高。几种常见食物蛋白的生物价如表 1-8。

表 1-8 常见食物蛋白的生物价

食物	生物价	食物	生物价	食物	生物价
大米	77	土豆	67	全鸡蛋	94
小麦	67	大豆	64	牛肉	76
面粉	52	蚕豆	58	猪肉	74
甘薯	72	花生	59	虾	77
玉米	60	白菜	76	牛奶	85

四、蛋白质营养状况评价

蛋白质缺乏在成人和儿童中都有发生，但生长阶段的儿童更为敏感。据 WHO 统计，目前全世界约有 500 万儿童患蛋白质 - 能量营养不良 (protein-energy malnutrition, PEM)。其中，有的是因为疾病和营养不当引起的，但大多数则是因贫穷和饥饿所导致的。主要分布在非洲，中、南美洲，中东、东亚和南亚地区。PEM 有两种，一种为湿



型，指能量摄入基本满足要求，而蛋白质严重不足的儿童营养性疾病，主要表现为腹部、腿部水肿，虚弱，表情淡漠，生长滞缓，头发变色、变脆和易脱落，易感染其他疾病等；另一种为干型，表现为消瘦，指蛋白质和能量摄入均严重不足的儿童营养性疾病，患儿消瘦无力，因易感染其他疾病而死亡。成人蛋白质摄入不足，同样可引起体力下降、浮肿、抗病力减弱等不良现象。

蛋白质，尤其是动物性蛋白质摄入过多，对人体同样有害。首先，过多动物蛋白质摄入的同时必然摄入较多动物脂肪和胆固醇。其次，蛋白质过多本身也会产生有害影响。首先加重肾脏负担，如果肾功能本来就不好，则危害就更大；过多动物蛋白摄入还会造成含硫氨基酸摄入过多，加速骨骼中钙质丢失，易发生骨质疏松（osteoporosis）。

1. 蛋白质营养不良 机体储存蛋白质的量很少，在营养充足时，也不过只有机体蛋白总量的 1% 左右。这种蛋白质称为易动蛋白，主要储存于肝、肠黏膜和胰腺，丢失后对器官功能没有改变。当饮食蛋白缺乏时，组织蛋白分解快、合成慢，导致一系列生化、病理改变和临床表现。其中，肠黏膜和消化腺较早累及，临床表现为消化吸收不良、腹泻；肝不能维持正常结构与功能，出现脂肪浸润；血浆蛋白合成发生障碍；酶的活性降低，主要是黄嘌呤氧化酶和谷氨酸脱氢酶降低；肌肉蛋白合成不足而逐渐出现肌肉萎缩；抗体（免疫球蛋白）合成减少，对传染病的抵抗力下降；肾上腺皮质功能减退，很难克服应激状态；胶原合成也会发生障碍，使伤口不易愈合；儿童时期可见骨骼生长缓慢、智力发育障碍；等等。蛋白质长期摄入不足，可逐渐形成营养性水肿，严重时会导致死亡。

2. 营养状况评价 长期蛋白质摄入不足，将影响机体组织蛋白质的合成。在儿童和青少年，表现为生长发育迟缓，身高、体重低于正常儿童，甚至影响智力的正常发育。成人可有疲倦、无力、体重降低、血浆清蛋白下降、肌肉萎缩、贫血，严重时可出现营养不良性水肿。另外，长期蛋白质摄入不足还能使伤口愈合缓慢、免疫功能低下。

五、蛋白质供给量及来源

人体内存在氮平衡，通过饮食给人体提供蛋白质应满足机体的氮平衡，长时期不恰当正氮平衡和负氮平衡都可能对人体造成危害。

理论上，成人每天摄入不足 30 g 蛋白质就可能达到零氮平衡。但从安全性考虑，成人按每千克体重每天摄入 0.8 g 蛋白质较好。我国以植物性食物为主，所以供给量在 $(1.0 \sim 1.2) \text{ g}/(\text{kg} \cdot \text{bw})$ 。按能量计算，成人蛋白质摄入占总能量的 10%~12%，儿童、青少年为 12%~14%；蛋白质营养正常时，人体内有关反映蛋白质营养水平的指标也应正常。常用指标主要为血清白蛋白，正常值为 35~50 g/L；血清运铁蛋白，正常值为 2.2~4.0 g/L 等。

蛋白质广泛存在于动植物性食物之中。动物性蛋白质质量好，但同时富含饱和脂肪酸和胆固醇，植物性蛋白质的利用率较低。因此，应注意蛋白质互补作用，适当搭配非常重要。大豆蛋白质的营养和保健功能越来越被世界所认识，我国是世界大豆生产大国，多吃大豆制品，不仅可提供丰富的优质蛋白，同时也有许多保健功效。



大豆蛋白营养功能



■ 第三节 脂类

脂类是一大类有机化合物，是脂肪(fats)和类脂(lipids)的总称。营养学上重要脂类(lipids)主要有三酰甘油(triglycerides)、磷脂(phospholipids)和固醇类(sterols)。脂肪是由1分子甘油和3分子脂肪酸组成的三酰甘油；类脂包括磷脂、糖脂(glycolipids)、固醇类和脂蛋白(lipoprotein)等。磷脂主要有卵磷脂、神经鞘磷脂及脑磷脂。食物中脂类95%是三酰甘油，5%为其他脂类。正常人体按体重计算含脂类为14%~19%，肥胖者约为32%，重度肥胖者可高达60%左右。人体内储存的脂类，三酰甘油高达99%。脂类的共同特点是溶于有机溶剂而不溶于水，为脂溶性；不仅易溶解于有机溶剂，也溶解其他脂溶性物质，如脂溶性维生素等。其在活细胞结构中有极其重要的生理功能。

一、脂肪的功能

体内储存的脂类中，绝大部分是以三酰甘油的形式储存于脂肪组织内，又称脂肪。人体内脂肪主要分布于腹腔、皮下和肌肉纤维之间，有以下功能。

1. 体内能量储存形式 当人体摄入能量不能及时被利用或过多时，就被转变为脂肪而储存起来称为储存脂肪(stored fat)，如皮下脂肪等。这类脂肪因受营养状况和机体活动的影响而增减，变动较大，所以称为动脂(variable fat)。当机体需要时，脂肪细胞中酯酶立即分解三酰甘油释放出甘油和脂肪酸进入血循环，和食物中被吸收的脂肪一起，被分解释放出能量以满足机体的需要。体内每1克脂肪可产生能量约为36.7 kJ (9.0 kcal)。

2. 维持体温 正常脂肪不仅可直接提供能量，皮下脂肪组织还可起到隔热保温的作用，使体温达到正常和恒定。

3. 保护作用 脂肪组织在体内对器官有支撑和衬垫作用，可以保护内部器官免受外力伤害。

4. 节约蛋白质作用 脂肪可以帮助机体更有效地利用糖类，以减少蛋白质消耗，使其更有效地发挥其他重要的生理功能。

5. 机体重要构成成分 脂肪提供脂肪酸作为合成其他脂质的原料，如细胞膜中含有大量脂肪酸，是细胞维持正常的结构和功能所不可缺少的重要成分。

6. 增加饱腹感 食物中脂肪含量越多，胃排空时间越长。

7. 改善食物感官性状 脂肪作为食品烹调加工的重要原料，可以改善食物色、香、味、形，达到美食和促进食欲的良好作用。

8. 促进脂溶性维生素吸收 食物脂肪含有维生素A、维生素D、维生素K、维生素E等脂溶性维生素。脂肪不仅是这类脂溶性维生素的重要食物来源，同时还可以促进这些维生素在肠内吸收。

二、脂肪酸

脂肪酸(fatty acids, FA)是构成三酰甘油的基本单位，其基本结构为： $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_n\text{COOH}$ 。



式中 n 的数目大部分为 2~24 个，基本上都是偶数碳原子。按饱和度，脂肪酸可分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸，见表 1-9。

脂肪酸的饱和程度，不仅影响它的物理性状，而且影响其生理特性。食物中的脂肪酸以 18 碳为主。脂肪酸的饱和程度越高、碳链越长，其熔点越高。动物脂肪主要由饱和脂肪酸组成，常温下呈固态者称为脂，如猪油；植物脂肪中不饱和脂肪酸则较多，常温下呈液态者称为油，如花生油、菜籽油等。脂肪酸的不饱和键能与氢结合变成饱和键，随着饱和程度的增加，油类可由液态变为固态，此过程称为氢化 (hydrogenation)。

表 1-9 常见的脂肪酸

名称	代号
丁酸 (butyric acid)	C4: 0
己酸 (caproic acid)	C6: 0
辛酸 (caprylic acid)	C8: 0
癸酸 (capric acid)	C10: 0
月桂酸 (lauric acid)	C12: 0
肉豆蔻酸 (myristic acid)	C14: 0
棕榈酸 (palmitic acid)	C16: 0
棕榈油酸 (palmitoleic acid)	C16: 1, n-7 cis
硬脂酸 (stearic acid)	C18: 0
油酸 (oleic acid)	C18: 1, n-9 cis
反油酸 (elaidic acid)	C18: 1, n-9 trans
亚油酸 (linoleic acid)	C18: 2, n-6, 9, all cis
α -亚麻酸 (α -linolenic acid)	C18: 3, n-3, 6, 9, all cis
γ -亚麻酸 (γ -linolenic acid)	C18: 3, n-6, 9, 12 all cis
花生酸 (arachidic acid)	C20: 0
花生四烯酸 (arachidonic acid)	C20: 4, n-6, 9, 12, 15 all cis
二十碳五烯酸 (timnodonic acid, EPA)	C20: 5, n-3, 6, 9, 12, 15 all cis
芥子酸 (erucic acid)	C22: 1, n-9 cis
二十二碳五烯酸 (鳕鱼酸) (clupanodonic acid)	C22: 5, n-3, 6, 9, 12, 15 all cis
二十二碳六烯酸 (docosahexenoic acid, DHA)	C22: 6, n-3, 6, 9, 12, 15, 18 all cis
二十四碳单烯酸 (神经酸) (nervonic acid)	C24: 1, n-9 cis

目前认为，营养学上最有价值的脂肪酸有两类：① $n-3$ 系列不饱和脂肪酸，即从甲基端数，第 1 个不饱和键在第 3 和第 4 碳原子之间的各种不饱和脂肪酸。② $n-6$ 系列不饱和脂肪酸，即从甲基端数，第 1 个不饱和键在第 6 和第 7 碳原子间的各种不饱和脂肪酸。



【知识链接】◆ …

n-3 及 n-6 型多不饱和脂肪酸与动脉粥样硬化症

当饮食中亚油酸充足时,减少饱和脂肪酸,可以明显地降低低密度和极低密度脂蛋白、胆固醇及三酰甘油在血液中的水平,也有利于防止过早出现高血压病。n-3 型多不饱和脂肪酸还有预防血栓的作用。

实践表明,在 PUFA 类脂肪酸中,除必需脂肪酸外,n-3 型脂肪酸也有一定的降低血脂的效果,尤其是 EPA 及 DHA。这些脂肪酸主要来源于各种鱼油,尤以深海鱼油为最。

PUFA 的作用有以下几方面:n-3 型 PUFA 取代了磷脂池中的花生四烯酸,减少花生酸从而减少凝血恶烷的形成;降低花生四烯酸的合成;与花生四烯酸争夺环氧化酶,减低花生酸的产生;可以作为 PGI₁ 的前体,通过转变为 TXA₂,从而与 TXA₂ 竞争,降低由 TXA₂ 所产生的对血小板的凝集作用;抑制肝对脂肪酸的合成及脂蛋白的合成,并促进脂蛋白的转换率;改变血液的黏度,从而降低血压。

通常,人体细胞不饱和脂肪酸的含量至少是饱和脂肪酸的 2 倍,但各种组织中二者的组成有很大差异,在一定程度上与饮食中脂肪的种类有关。

三、必需脂肪酸

人体除了从食物得到脂肪酸以外,还能自身合成多种脂肪酸,包括饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸,但有些脂肪酸人体不能自身合成,必须通过食物供给,这些脂肪酸称为必需脂肪酸(essential fatty acid, EPA)。n-6(ω -6)系列中的亚油酸和 n-3(ω -3)系列中的 α -亚麻酸是人体必需的两种脂肪酸。事实上,n-3 和 n-6 系列中许多脂肪酸,如花生四烯酸、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等都是人体不可缺少的脂肪酸,但人体可以利用亚油酸和 α -亚麻油酸来合成这些脂肪酸。当合成数量不足时,应由食物供给。必需脂肪酸是人体不可缺少的营养素,主要有以下功能。

1. 构成磷脂重要组成成分 磷脂是细胞膜的主要结构成分,所以必需脂肪酸与细胞膜的结构和功能直接相关。必需脂肪酸缺乏可以导致线粒体肿胀、细胞膜结构和功能改变及膜透性和脆性增加。

2. 合成前列腺素的前体 前列腺素(prostaglandins)存在于许多器官中,有着多种多样的生理功能,如使血管扩张和收缩、神经刺激的传导、作用于肾影响水的排泄,母乳中的前列腺素可以防止婴儿消化系统损伤等。

3. 与胆固醇代谢有关 体内约 70% 的胆固醇与脂肪酸酯化成酯。在低密度脂蛋白(LDL)和高密度脂蛋白(HDL)中,胆固醇与亚油酸形成亚油酸胆固醇酯,然后被转运和代谢。如 HDL 就可将胆固醇运往肝而被代谢分解。具有这种降血脂作用的还包括 n-3 和 n-6 系列的其他多不饱和脂肪酸如 EPA 和 DHA 等。阿拉斯加居民,尽管饮食中富含



高能量、高脂肪和高胆固醇，但心脏病患病率却很低，原因是他们那些来自海产品的食物富含这些多不饱和脂肪酸。

4. 与动物精子形成有关 饮食中如果长期缺乏必需脂肪酸，动物可出现不孕症，授乳过程也会发生障碍，动物实验证明必需脂肪酸缺乏会导致动物生长发育受阻。

5. 防护辐射损害 必需脂肪酸对 X 射线引起的皮肤损害有保护作用。

6. 保护视力 体内由 α - 亚麻酸衍生的 DHA 是视网膜受体中最丰富的多不饱和脂肪酸，为维持视紫红质正常功能所必需，对增强视力有良好作用。

必需脂肪酸缺乏，可引起生长迟缓，生殖障碍，皮肤损伤，如出现皮疹等症状及肾、肝、神经和视觉功能障碍等多种疾病。而过多的多不饱和脂肪酸的摄入，也可使体内有害的氧化物、过氧化物等增加，同样可对身体产生多种慢性危害。

四、磷脂

含磷的脂类称为磷脂。其中最重要的磷脂是卵磷脂 (lecithin)，是由 1 个含磷酸胆碱基团取代三酰甘油中 1 个脂肪酸而构成的。这种结构使其具有亲水性和亲油性的双重特性。

磷脂缺乏会造成细胞膜结构受损，出现毛细血管脆性增加和通透性增加，皮肤细胞对水通透性增高引起水代谢紊乱，发生皮疹等。磷脂还是血浆脂蛋白的重要组成成分，有稳定脂蛋白的作用。因此，组织脂类如脂肪和胆固醇在血液中运输时，都需要有足够磷脂才能顺利进行。在胆汁中磷脂与胆盐、胆固醇一起形成胶粒，以利于胆固醇的溶解和排泄。

五、胆固醇

固醇类是含有同样多个环状结构的脂类化合物，因其环外基团不同而各异。胆固醇可与脂肪酸形成酯。人体内主要固醇类化合物是胆固醇 (cholesterol)，其是细胞膜的重要成分，人体内 90% 的胆固醇存在于细胞中。胆固醇还是人体内许多重要活性物质的合成材料，如胆汁、性激素 (如睾酮 testosterone)、肾上腺素 (如皮质醇 conical) 和维生素 D 等。胆固醇在 7, 8 位上脱氢后的化合物 7- 脱氢胆固醇，存在于皮肤和毛发，经阳光和紫外线照射后能转变为维生素 D。

胆固醇虽然具有重要的生理功能，但因其广泛存在于动物性食品中，人体自身也可以利用内源性胆固醇，几乎全身各组织均可合成胆固醇，通常不存在胆固醇缺乏。肝是合成胆固醇的主要场所，合成胆固醇的原料为乙酰 CoA、NADPH 及 ATP，相反地因其与高脂血症、动脉粥样硬化、心脏病等相关，人们常关注体内过多胆固醇的危害性。研究表明，人体内胆固醇升高主要原因是内源性的，所以注意能量摄入平衡比注意胆固醇摄入量更为重要，影响胆固醇吸收的因素如下。

1. 胆汁酸促进胆固醇吸收 胆汁酸是促进胆固醇吸收的重要因素，胆汁酸缺乏时，胆固醇的吸收明显降低。

2. 肠内吸收率与食物胆固醇有关 胆固醇在肠内吸收率随食物胆固醇含量增加而下降。



3. 饱和脂肪酸使胆固醇升高 饮食中含饱和脂肪酸过高, 可使血浆胆固醇升高; 摄入较多不饱和脂肪酸如亚油酸, 血浆胆固醇即降低。

4. 植物固醇阻碍胆固醇吸收 植物食物中的固醇类, 如谷固醇、豆固醇等能阻碍胆固醇的正常吸收。

5. 年龄和性别的影响 随着年龄的增长, 血浆胆固醇会有所增加。50 岁以前, 男女之间差别不太明显, 60 岁后, 女性血浆胆固醇显著升高, 超过男性, 在 65 岁左右达到高峰, 这与妇女绝经有关。血浆胆固醇的变化主要取决于低密度脂蛋白 (LDL), 而脂蛋白代谢受性激素的影响。在男性和缺乏雌激素的女性中, 给予雌激素则血中高密度脂蛋白和极低密度脂蛋白水平增高, 而低密度脂蛋白浓度下降, 女性绝经后雌性激素水平下降, 致使血胆固醇升高。

六、血浆脂蛋白

用超速离心法将血浆脂蛋白分为: 乳糜微粒、VLDL、LDL 和 HDL 四种。血浆中各种脂蛋白见表 1-10。其合成部位为肝脏。血液中 LDL 既可满足机体对各种脂类需要, 又可被细胞中 LDL 受体结合进入细胞, 借此可适当调节血中胆固醇浓度。但 LDL 过多, 可引起动脉粥样硬化等疾病。HDL 的重要功能是将体内胆固醇、磷脂运送到肝进行代谢, 起到保护作用。HDL 升高有防止动脉粥样硬化的作用。血浆脂蛋白代谢概况如下。

1. 乳糜微粒 CM 是运输外源性三酰甘油及胆固醇的主要形式。

2. 极低密度脂蛋白 VLDL 是运输内源性三酰甘油的主要形式。

3. 低密度脂蛋白 血浆中 LDL 由 VLDL 转变而成, 是转运肝合成的内源性胆固醇的主要形式。

4. 高密度脂蛋白 HDL 主要在肝合成, 小肠也可合成。HDL 可将胆固醇从肝外组织转运到肝进行代谢, 这种胆固醇由肝外向肝内转运的过程称为胆固醇的逆向转运。

表 1-10 血浆脂蛋白的分类、组成 (%)

组成	乳糜微粒 CM	VLDL (前 β)	LDL (β)	HDL (α)
蛋白质	0.5~2.0	5~10	20~25	50
三酰甘油	80~95	50~70	10	5
游离胆固醇	1~3	5~7	8	5
酯化胆固醇	3	10~12	40~42	15~17
磷脂	5~7	15	20	25
合成部位	小肠黏膜细胞	肝细胞、血浆	肝、肠	血浆

5. 高脂蛋白血症 高脂蛋白血症可分为 6 型, 见表 1-11。

表 1-11 高脂蛋白血症分型

分型	脂蛋白变化	血脂变化
I	CM 增加	三酰甘油 $\uparrow \uparrow \uparrow$ 胆固醇 $\uparrow$
II a	LDL 增加	胆固醇 $\uparrow \uparrow$



续表

分型	脂蛋白变化	血脂变化
Ⅱb	LDL、VLDL 增加	胆固醇↑↑ 三酰甘油↑↑
Ⅲ	LDL 增加	胆固醇↑↑ 三酰甘油↑↑
Ⅳ	VLDL 增加	三酰甘油↑↑
V	VLDL、CM 增加	三酰甘油↑↑↑ 胆固醇↑

七、脂类的食物来源

人类饮食脂肪的主要来源是动物脂肪组织、肉类及植物种子。动物脂肪相对含饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸多，而多不饱和脂肪酸含量较少。植物油主要含多不饱和脂肪酸。供给人体脂肪的动物性食品主要有猪油、牛脂、羊脂、奶脂、蛋类及其制品；植物性食品主要有菜籽油、大豆油、麻油、花生油等植物油及坚果类食品。亚油酸普遍存在于植物油中，亚麻酸在豆油和紫苏籽油中较多，但椰子油主要由含 C₁₂ 和 C₁₄ 的饱和脂肪酸组成，仅含 5% 的单不饱和脂肪酸和 1%~2% 多不饱和脂肪酸；鱼类、贝类食物中含二十碳五烯酸（EPA）和二十二碳六烯酸（DHA）相对较多。

含磷脂较多的食物为蛋黄、肝、大豆、麦胚和花生等。含胆固醇丰富的食物是动物脑、肝、肾、肠等内脏和皮，以及鱼籽、蟹籽和蛋类，其次为蛤贝类；肉类和奶类也含一定量的胆固醇。脂肪摄入过多，可导致肥胖、心血管疾病、高血压和某些癌症发病率升高。限制和降低脂肪的摄入，已成为发达国家以及我国许多地区预防此类疾病发生的重要措施。

八、脂肪参考摄入量

各国在制定脂肪参考摄入量时主要按脂肪供能所占总能量比例计算，脂肪所占总能量的比例在 30% 以下，与此同时考虑不同脂肪酸的供能比例，由于各种脂肪酸结构的不同，对疾病的影响也有很大不同，故对饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的摄入量也有一定规定，尤其是对不同结构的多不饱和脂肪酸（n-3 和 n-6）和抗氧化物质引起了人们的关注，相应地提出相互的供给比例。

根据《中国居民膳食营养素参考摄入量》（2013 版），我国不同年龄阶段人群膳食脂肪和脂肪酸的参考摄入量如表 1-12 所示。



常用食物含热量简表

表 1-12 我国不同年龄阶段人群膳食脂肪和脂肪酸的参考摄入量

人群	总脂肪	SFA	n-6PUFA		n-3PUFA			
	AMDR	U-AMDR	LA	AMDR	ALA	AMDR	EPA+DHA	
岁	%E	%E	AI/(%E)	%E	AI/(%E)	%E	AI/mg	AMDR/mg
0~	48 (AI)	—	7.3 (ARA150 mg)	—	0.87	—	100 (DHA)	—



续表

人群	总脂肪	SFA	n-6PUFA		n-3PUFA			
	AMDR	U-AMDR	LA	AMDR	ALA	AMDR	EPA+DHA	
岁	%E	%E	AI/(%E)	%E	AI/(%E)	%E	AI/mg	AMDR/mg
0.5~	40 (AI)	—	6	—	0.66	—	100 (DHA)	—
1~	35 (AI)	—	4	—	0.60	—	100 (DHA)	—
4~	20~30	<8	4	—	0.60	—	—	—
7~	20~30	<8	4	—	0.60	—	—	—
18~	20~30	<10	4	2.5~9.0	0.60	0.5~2.0	—	0.5~2.0
≥60	20~30	<10	4	2.5~9.0	0.60	0.5~2.0	—	0.5~2.0
孕妇和乳母	20~30	<10	4	2.5~9.0	0.60	0.5~2.0	250 (DHA200)	—

■ 第四节 糖类

一、糖类的分类

糖类(carbohydrate)也称碳水化合物、碳水化物,是由碳、氢、氧三种元素组成的一类化合物。营养学上将其分为糖、寡糖和多糖三类。

(一) 糖

糖,又可分为单糖、双糖、糖醇。

1. 单糖 单糖含3~7个碳原子,不能水解为更简单的糖。食物中的单糖主要有葡萄糖(glucose)、果糖(fructose)和半乳糖(galactose)。葡萄糖是构成食物中各种糖类的最基本单位。果糖主要分布在水果和蜂蜜中。半乳糖很少以单糖形式存在于食品中,是乳糖的重要组成部分。

除上述3种重要单糖外,食物中还有少量的戊糖,如核糖(ribose)、脱氧核糖(deoxy ribose)、阿拉伯糖(arabinose)和木糖(xylose)。甘露糖(mannose)是许多糖和树胶的组成成分。

2. 双糖 双糖是由2分子单糖缩合而成。天然存在于食品中的双糖,常见有蔗糖(sucrose)、乳糖(lactose)和麦芽糖(maltose)等。海藻糖(trehalose)是由2分子葡萄糖组成,存在于真菌及细菌中,如食用蘑菇中含量较多。

3. 糖醇 糖醇是单糖重要的衍生物,天然水果、蔬菜中存在少量糖醇类物质。由于这些糖醇类物质在体内消化、吸收速度慢,提供能量较葡萄糖少,已被用于食品加工。目前常使用的糖醇有山梨醇(sorbitol)、甘露醇(mannitol)、木糖醇(xylitol)和麦芽糖醇(maltitol)等。天然食物如谷胚中有种环状肌醇(Inositol),可与磷酸结合形成植酸



(phytic acid), 不利于营养素吸收。

山梨醇亲水性极强, 临床上常用作脱水剂, 可消水肿, 降低颅内压; 甘露醇在海藻、蘑菇中含量丰富; 木糖醇存在于多种水果中, 甜度与蔗糖相等, 不受胰岛素调节, 可作为甜味剂用于糖尿病患者的专用食品及许多药品中; 麦芽糖醇由麦芽糖氢化而来, 可作为功能性甜味剂用于心血管病、糖尿病患者的保健食品中, 不能被口腔中的微生物利用, 可防龋齿用。

(二) 寡糖

寡糖是指由 3~10 个单糖构成的小分子多糖。比较重要的寡糖是豆类食品的棉籽糖 (raffinose) 和水苏糖 (stachyose)。

(三) 多糖

由 10 个以上单糖组成的大分子糖为多糖。营养学上具有重要作用的多糖有 3 种, 即糖原 (glycogen)、淀粉 (starch) 和纤维 (fiber)。

1. 糖原 糖原也称动物淀粉, 由肝和肌肉合成并储存, 是含有许多葡萄糖分子和支链的动物多糖。

2. 淀粉 淀粉是由许多葡萄糖组成的、能被人体消化吸收的植物多糖。根据其结构可分为直链淀粉 (amylose) 和支链淀粉 (amylopectin)。前者易使食物老化, 后者易使食物糊化。其次级水解产物相对含葡萄糖数目较少, 称为糊精 (dextrin)。直链淀粉在碘试剂作用下呈蓝色反应, 而支链淀粉则呈棕色反应。

二、糖类的功能

体内糖类有三种存在形式, 即葡萄糖、糖原和含糖复合物, 其功能与形式有关。

1. 储存和提供能量 1 g 糖类可提供 16.7 kJ (4.0 kcal) 能量, 是人体能量的主要来源。我国居民以米、面为主食, 60% 以上能量来源于糖类。这种饮食结构不仅经济, 而且科学, 并有利于健康。

2. 构成机体成分 糖类也是机体重要的构成成分之一。如结缔组织中的黏蛋白, 神经组织中的糖脂, 细胞膜表面具有信息传递功能的糖蛋白等。此外, DNA 和 RNA 也含有大量核糖。

3. 节约蛋白质作用 当体内糖类供给充足时, 可以避免机体内蛋白质不必要的消耗, 这就是所谓的节约蛋白质作用 (sparing protein action)。

4. 抗生酮作用 若糖类不足, 草酰乙酸不足, 脂肪酸不能被彻底氧化而产生酮体, 过多的酮体则可引起酮血症 (ketonemia), 影响酸碱平衡。而体内充足的糖类, 可起到抗生酮作用 (antiketogenesis)。人体每天至少需要 50~100 g 糖类, 才可防止酮血症产生。

5. 改变食物感官性状 利用糖类的各种性质, 可以加工出许多种色、香、味、形各异的食品, 而食糖的甜味, 更是烹调加工食品不可缺少的原料。以蔗糖的甜度为标准, 可得出几种糖及糖醇的相对甜度: 乳糖 0.2, 麦芽糖 0.4, 葡萄糖 0.1, 果糖 1.2~1.8, 山梨醇 0.6, 甘露醇 0.7, 木糖醇 0.9。



三、血糖指数

1. **血糖** 血糖指血中的葡萄糖。血糖水平相当恒定，维持在 3.89~6.11 mmol/L。

2. **血糖水平调节** ①胰岛素：胰岛素是体内唯一降低血糖的激素，也是唯一同时促进糖原、脂肪、蛋白质合成的激素。②胰高血糖素：胰高血糖素是体内主要升高血糖的激素。③糖皮质激素：糖皮质激素可以引起血糖升高。④肾上腺素：肾上腺素是强有力的升高血糖的激素。

3. **血糖指数** 血糖指数 (glycemic index, GI) 是衡量糖类对血糖反应的有效指标。所谓血糖指数是指给予被测试对象 50 g 葡萄糖以后，血葡萄糖浓度的反应与被测同量糖类反应的对比，有时用 50 g 白面包代替葡萄糖，对比的方法是常规的糖耐量曲线，所得的曲线面积与标准的葡萄糖曲线对比而求得的。指数越小，即其糖耐量曲线低平而近于正常 (表 1-13)。

表 1-13 常见食物血糖生成指数表

食物类	食物名称	GI	食物类	食物名称	GI
糖类	葡萄糖	100	蔬菜类	甜菜	64
	绵白糖	83.8		胡萝卜 (金笋)	71
	蔗糖	65		南瓜 (番瓜)	75
	果糖	23		山药	51
	乳糖	46		雪魔芋	17
	麦芽糖	105		芋头 (蒸)	47.7
	蜂蜜	73	水果类	苹果	36
谷类	巧克力	49		梨	36
	面条 (小麦粉)	81.6		桃	28
	馒头 (富强粉)	88.1		李子	24
	大米粥	69.4		樱桃	22
	大米饭	83.2		葡萄	43
	糙米 (煮)	87		猕猴桃	52
	玉米 (甜, 煮)	55		柑	43
	小米 (煮)	71		柚	25
	小米粥	61		菠萝	66
	米饼	82		芒果	55
	荞麦 (黄)	54		香蕉	52
薯类	马铃薯	62		西瓜	72
	甘薯 (山芋)	54	乳类及制品	牛奶	27.6
豆类及制品	黄豆 (浸泡, 煮)	18		全脂牛奶	27
	豆腐 (炖)	31.9		脱脂牛奶	32
	豆腐干	23.7		酸奶 (加糖)	48
	绿豆	27.2		酸乳酪 (普通)	36
	蚕豆 (五香)	16.9		酸乳酪 (低脂)	33



与指数大小有关系的因素有很多,如糖类,即淀粉的结构、颗粒大小及包裹淀粉的纤维状态;食物内除淀粉外,还有食物纤维种类与含量及食物中的蛋白质种类与含量等。

四、糖类供给与食物来源

淀粉主要储存在植物细胞中,尤其是根、茎和种子细胞中。谷类、根茎类蔬菜、薯类、豆类和坚果类是人类糖类的主要食物来源,也是最丰富、最廉价的能量营养素。



课程思政

“国以民为本,民以食为天”。

粮食既是关系国计民生和国家经济安全的重要战略物资,也是人民群众最基本的生活资料。粮食安全与社会的和谐、政治的稳定、经济的持续发展息息相关。经过改革开放以来40多年的快速发展,我国人均粮食占有量已高于世界平均水平。但我国是人口大国,仍然面临着复杂的粮食安全问题。习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告中明确指出:“加强重点领域安全能力建设,确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全”,“强化食品药品安全监管,健全生物安全监管预警防控体系”。

作为新时代中国青年,我们要坚定不移贯彻总体国家安全观,切实增强国家安全意识和素养,自觉维护国家安全。

中国营养学会推荐我国居民糖类饮食供给量占总能量的60%~65%较为合理。这些糖类应来源不同,包括复合糖类淀粉、不消化的抗性淀粉、非淀粉多糖和低聚糖等糖类。

第五节 维生素

一、概述

维生素(vitamin)又名维他命,是维持机体正常生理功能及细胞内特异代谢反应所必需的一类微量、低分子有机化合物。

(一) 维生素的共同特点

虽然各类维生素的化学结构不同,生理功能各异,但都具有以下共同特点。

1. 都是以其本体形式,或可被机体利用前体形式,存在于天然食物中。
2. 大多数维生素不能在体内合成,也不能大量储存于组织中,故必须经常由食物供给。即使有些维生素,如维生素K、B族维生素,部分能由肠细菌合成,但也不能替代从食物中获得。
3. 不是构成各种组织的原料,也不提供能量。
4. 虽然每天生理需要量很少,仅以mg或 μg 计算,但在调节物质代谢过程中,起着十分重要的作用。
5. 维生素常以辅酶或辅基形式参与酶的功能。



6. 许多维生素具有几种结构相近、生物活性相同的化合物,如维生素 A、维生素 D、吡哆醇、吡哆醛、吡哆胺等。

(二) 维生素分类

根据溶解性可将维生素分成两大类。

1. 脂溶性维生素 脂溶性维生素包括维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K,不溶于水而溶于脂肪及有机溶剂如苯、乙醚及氯仿等溶液中。

2. 水溶性维生素 水溶性维生素包括 B 族维生素(维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₁₂、维生素 PP、维生素 B₆、叶酸、生物素等)和维生素 C 等。

(三) 维生素缺乏

在各类营养素缺乏症中,以维生素缺乏比较多见,维生素缺乏常见原因如下。

1. 维生素摄入量不足。
2. 吸收利用降低。
3. 维生素需要量相对增高等。

二、脂溶性维生素

(一) 维生素 A

1. 概念和理化性质 狭义的维生素 A 指视黄醇,广义的应包括已形成的维生素 A 和维生素 A 原。其生理功能如下。

(1) 维持正常视觉:维生素 A 能促进视觉细胞内感光物质合成与再生,以维持正常视觉。人视网膜杆状细胞内含有感光物质视紫红质(rhodopsin, 11-cis-retinal-opsin),是 11-顺式视黄醛的醛基和视蛋白内赖氨酸的 ϵ -氨基通过形成 schiff 碱键缩合而成。视紫红质对光敏感,当其被光照射时可引起系列变化,经过各种中间构型,最后由 11-顺式视黄醛转变为全反式视黄醛(all trans-retinal),同时释放出视蛋白,引发神经冲动,此时即能看见物体,这个过程称为光适应。人若进入暗处,因视紫红质消失,所以不能见物,只有当足够的视紫红质再生后才能在一定光照下见物,此过程称为暗适应(dark adaptation)。暗适应快慢决定于照射光波长、强度和照射时间,同时也决定于体内维生素 A 的营养状况。

(2) 维持上皮正常生长与分化:维生素 A 在维持上皮正常生长与分化中,起着十分重要的作用。

(3) 促进生长发育:视黄醇和视黄酸对于胚胎发育也是必需的,视黄酸可维持动物正常生长和健康,缺乏维生素 A 会导致儿童生长停滞,发育迟缓,骨骼发育不良;缺乏维生素 A 会使孕妇所生的新生儿体重较轻。

(4) 抑癌作用:许多饮食和流行病学研究表明,高维生素 A 和 β -胡萝卜素摄入量者,肺癌等上皮癌症危险性减少。

(5) 维持机体正常免疫功能:有研究结果表明,维生素 A 缺乏可影响抗体生成,从而使机体抵抗力下降。

2. 缺乏与过量 维生素 A 缺乏已成为许多发展中国家的主要公共卫生问题。维生素 A 缺乏导致的干眼病发病率相当高。



维生素 A 缺乏的最早症状是黑暗适应能力下降,即在黑夜或暗光下看不清物体,在弱光下视力减退,黑暗适应时间延长,严重者可致夜盲症(night blindness);维生素 A 缺乏最明显的结果是干眼病,患者眼结膜和角膜上皮组织变性,泪腺分泌减少,可发生结膜皱纹、失去正常光泽、浑浊、变厚、变硬,角膜基质水肿、表面粗糙浑浊、软化、溃疡、糜烂、穿孔;患者常感眼睛干燥,怕光、流泪,发炎、疼痛,发展下去可致失明;维生素 A 缺乏还会引起机体不同组织上皮干燥、增生及角化,以致出现各种症状。此外,维生素 A 缺乏时,血红蛋白合成代谢障碍,免疫功能低下,儿童生长发育迟缓。

摄入大剂量维生素可引起急性、慢性及致畸毒性。摄入普通食物通常不会引起维生素 A 过多,绝大多数是过多摄入维生素 A 浓缩制剂引起的,也有食用狗肝、熊肝或红色肝引起中毒的报道。大量摄入类胡萝卜素可出现高胡萝卜素血症(hypercarotenemia),易出现类似黄疸的皮肤,但停止使用类胡萝卜素,症状会逐渐消失,未发现其他毒性。

3. 营养状况鉴定 维生素 A 营养状况可分为 5 类:缺乏、较少(即边缘状态)、充足、过多和中毒。常用的检查方法如下。

(1) 血清维生素 A 水平:成人血清维生素 A 正常含量为 $1.05 \sim 3.15 \mu\text{mol/L}$ ($30 \sim 90 \mu\text{g/dL}$)。

(2) 改进相对剂量反应试验:让受试者按每 1 kg 体重 $0.35 \mu\text{mol}$ (或 $100 \mu\text{g}$) 剂量口服 3, 4-二脱氢醋酸视黄酯油剂,服用后 5 小时取血 1 次,所测血清脱氢视黄醇和视黄醇的摩尔比, $0.06 \mu\text{mol}$ 提示维生素 A 边缘状态和缺乏, $>0.03 \mu\text{mol}$ 表明维生素 A 充足。

(3) 视觉暗适应功能测定:可用暗适应计测定,适用于现场调查。

(4) 血浆视黄醇结合蛋白:近年来认为血浆视黄醇结合蛋白含量,与血浆中视黄醇水平呈良好相关,可以较好地反映人体维生素 A 的营养水平。

(5) 眼结膜印迹细胞学法:眼结膜印迹细胞学法(CIC)适用于维生素 A 缺乏期间的检测,在眼结膜杯状细胞(goblet cell)消失,上皮细胞变大且角化。用醋酸纤维薄膜贴于受检者球结膜上取样,然后染色、镜检。

(6) 眼部症状检查:WHO 将维生素 A 缺乏眼部症状予以分类,其中角膜干燥、溃疡、角化定为诊断维生素 A 缺乏有用的体征,比奥斑用于小儿。

4. 供给量及食物来源 中国营养学会于 2013 年制定的《中国居民膳食营养素参考摄入量》中提出成年男性每人每天摄入维生素 A $800 \mu\text{g RE}$ (视黄醇当量),成年女性 $700 \mu\text{g RE}$ 。

维生素 A 最好的来源是各种动物肝、鱼肝油、鱼卵、全奶、奶油、禽蛋等;维生素 A 的良好来源是深色蔬菜和水果,如冬苋菜、菠菜、苜蓿、空心菜、莴笋叶、芹菜叶、胡萝卜、豌豆苗、红心红薯、辣椒及芒果、杏子及柿子等。

除饮食来源外,维生素 A 补充剂也常使用,其使用剂量不高于 RAI 1.5 倍。用量过大不仅没必要,反而可能会引起中毒。

(二) 维生素 D

1. 概念与理化性质 维生素 D 是指含环戊氢烯菲环结构,并具有钙化醇生物活性的一大类物质,以维生素 D_2 (麦角钙化醇, ergocalciferol) 及维生素 D_3 (胆钙化醇, cholecalciferol) 最为常见。前者是由酵母菌或麦角中麦角固醇(ergosterol)经紫外线照射



后的产物,后者是从食物摄入或在体内合成胆固醇经转变为 7-脱氢胆固醇储存于皮下,在紫外线照射后可转化为维生素 D₃。

2. 生理功能 在包括人体在内的脊椎动物中维生素 D 的基本生理功能是维持细胞内、外钙浓度,调节钙磷代谢,其活性形式为 1, 25-(OH)₂D₃。

(1) 促进小肠钙吸收: 在小肠黏膜上皮细胞处诱发特异的钙结合蛋白质 (calcium binding protein) 合成。1 分子钙结合蛋白质可与 1 个钙离子结合。因此,将其视为参与钙运输的载体。这种结合蛋白还可增加肠黏膜对钙的通透性,将钙主动转运透过黏膜细胞进入血液循环。

(2) 促进肾小管对钙、磷重吸收: 对肾有直接作用,能促进肾小管对钙、磷重吸收,减少丢失。

(3) 对骨细胞呈现多种作用: 在血钙降低时,机体将储存在骨组织中的钙和磷动员出来,进入血液,还能诱导肝细胞、单核细胞变为成熟的破骨细胞 (osteoclasts),破骨细胞成熟后,即失去 1, 25-(OH)₂D₃ 核受体。

(4) 调节基因转录作用: 通过调节基因转录和独立的信息传导途径来启动生物学效应等。

(5) 通过维生素 D 内分泌系统调节血钙平衡。

3. 缺乏症与过多症 维生素 D 缺乏对婴儿将引起佝偻病 (rickets); 对成人,尤其是孕妇、乳母和老年人,可使已成熟骨骼脱钙,而发生骨质疏松症 (osteomalacia) 和骨质疏松症 (osteoporosis)。过量摄入维生素 D 也可引起维生素 D 过多症。



佝偻病

4. 营养水平鉴定 1, 25-(OH)₂-D₃, 是维生素 D 在血液中主要的存在形式,其正常值为 20~150 nmol/L (8~60 ng/mL)。

5. 供给量和来源 维生素 D 供给量必须与钙、磷供给量同时考虑。在钙、磷供给量充足时,中国营养学会 2013 年推荐维生素 D 的参考摄入量,成人 (18 岁以上) 为 5μg,儿童、少年、孕妇、乳母、老年人维生素 D 供给量每人每天为 10μg。经常晒太阳是人体获得廉价、充足有效的维生素 D₃ 最好的来源,在阳光不足或空气污染严重地区,可用紫外线灯做预防性照射。成年人只要经常接触阳光,在日常饮食条件下,一般不会发生维生素 D 缺乏病。

维生素 D 主要存在于海鱼,如沙丁鱼、鲑鱼,动物肝、蛋黄等动物性食品及鱼肝油制剂中。

(三) 维生素 E

维生素 E 是指含苯并二氢吡喃结构、具有 α-生育酚生物活性的一类物质。其代表物为 α-生育酚,生物活性最高。α-生育酚是黄色油状液体,溶于酒精、脂肪和有机溶剂,对热及酸稳定,对碱不稳定,对氧十分敏感,油脂酸败加速维生素 E 破坏。食物中维生素 E 在烹调时损失不大,但油炸时维生素 E 活性明显降低。

1. 生理功能

(1) 抗氧化作用: 维生素 E 是高效抗氧化剂,在体内保护细胞免受自由基损害。维



生素 E 与超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GP) 共同构成体内抗氧化系统, 保护生物膜, 包括细胞膜、细胞器膜上多烯脂肪酸、细胞骨架及其他蛋白质的巯基免受自由基攻击。与抗动脉硬化、抗癌, 改善免疫功能及延续衰老等过程有关。

(2) 促进蛋白质更新合成: 维生素 E 可促进 RNA 更新蛋白质合成, 促进某些酶蛋白合成, 降低分解代谢酶活性, 其效果表现为促进人体正常代谢, 增强机体耐力, 维持骨骼肌、心肌、平滑肌、外周血管系统、中枢神经系统及视网膜的正常结构和功能。

(3) 预防衰老: 补充维生素 E 可减少脂褐质形成, 改善皮肤弹性, 使性腺萎缩减轻, 提高免疫能力。

(4) 与动物生殖功能和精子生成有关: 维生素 E 缺乏时, 可出现睾丸萎缩及其上皮变性、生育异常。临床常用维生素 E 治疗先兆和习惯性流产。

(5) 调节血小板黏附力和聚集作用: 维生素 E 缺乏时, 血小板聚集和凝血作用增强, 增加了心肌梗死及卒中的危险性。

2. 缺乏症与过多症 长期缺乏维生素 E 可使红细胞膜受损, 出现溶血性贫血, 给予维生素 E 治疗可望治愈。还可出现肌肉营养障碍, 组织发生退行性病变、心血管系统损害、中枢神经系统变性。在脂溶性维生素中, 维生素 E 的毒性相对较小。但长期每天摄入 600 mg 以上的维生素 E, 有可能出现中毒症状, 如视物模糊、头痛和极度疲乏等。

3. 供给量和来源 中国营养学会建议成人每天维生素 E 参考摄入量为 14 mg。当多不饱和脂肪酸摄入量增多时, 应适当增加维生素 E 摄入量, 通常每摄入 1 g 多不饱和脂肪酸, 应摄入 0.4 mg 维生素 E。

维生素 E 在自然界中分布甚广, 通常人体内不会缺乏, 维生素 E 含量丰富的食品有植物油, 麦胚、硬果、种子类、豆类及其他谷类; 蛋类, 鸡、鸭肫, 绿叶蔬菜也含有一定数量; 肉类、鱼类等动物性食品, 水果及其他蔬菜含量很少。

(四) 维生素 K

维生素 K 是含有 2-甲基-1, 4-萘醌基团的一组化合物。其生理功能主要为凝血功能和骨钙代谢。维生素 K 缺乏会引起凝血功能异常和出血型疾病, 在健康人群中不常见。因为人奶中维生素 K 含量相对低, 仅为 2 $\mu\text{g/L}$, 所以吃奶婴儿每天仅摄入维生素 K 1 μg 左右, 达不到其生理需要, 可引起小儿颅内出血。在成人, 慢性胃肠疾病、控制饮食和长期服用抗生素等情况时, 也可造成维生素 K 缺乏, 发生凝血功能障碍。

食物来源与摄入量, 每 100 克绿叶蔬菜可提供 50~800 μg 维生素 K, 显然是最好的食物来源。含量为 1~50 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 的食物有牛奶、奶制品、肉类、蛋类、谷类、水果和其他蔬菜等。十二指肠和回肠的细菌菌丛合成的维生素 K 不是人体需要的主要来源。成人每天饮食参考摄入量为 120 $\mu\text{g/d}$ 。

三、水溶性维生素

(一) 维生素 C

1. 理化性质 维生素 C 又名抗坏血酸 (ascorbic acid), 带有明显酸味。纯净维生素 C 为白色结晶, 分子量为 179.1, 熔点为 190~192 $^{\circ}\text{C}$, 极易溶于水, 微溶于乙醇, 不溶于



非极性有机溶剂。维生素 C 水溶液不稳定，有氧存在或碱性环境中极易氧化，还原型维生素 C 被氧化成脱氢型维生素 C。

2. 生理功能 维生素 C 作为酶辅助因子或酶底物参与多种重要生物合成过程，包括胶原蛋白、肉碱，某些神经介质和肽激素合成及酪氨酸代谢等，从而发挥重要生理功能。

3. 缺乏维生素 C 严重摄入不足可导致维生素 C 缺乏症即坏血病。临床症状早期表现为疲劳、倦怠、皮肤出现瘀点或瘀斑、毛囊过度角化，其中毛囊周围轮状出血，具有特异性，常出现在臀部和下肢。继而出现牙龈肿胀出血，球结膜出血，机体抵抗力下降，伤口愈合迟缓，关节疼痛及关节腔积液，同时也可伴有 Sjogren 干燥综合征、轻度贫血及多疑、抑郁等神经系统症状。

4. 机体营养状态评价

(1) 负荷试验：采用的方法是让受试者口服维生素 C 500 mg，收 4 小时尿测定维生素 C 排出总量。若 >10 mg 为正常， <3 mg 为缺乏。

(2) 血浆维生素 C 含量：血浆维生素 C 饱和浓度为 $85 \mu\text{mol/L}$ ；每天摄入维生素 C 60~75 mg 的正常成人，其血浆维生素 C 浓度在 $34\sim43 \mu\text{mol/L}$ ，当浓度降至 $11\sim17 \text{pmol/L}$ 时，可认为维生素 C 摄入不足。

(3) 白细胞中维生素 C 浓度：可以反映机体储存水平，其含量降至 114pmol/L 时，认为有维生素 C 储存水平不足。

5. 供给量和食物来源 我国营养学会 2013 年推荐成人维生素 C RNI 为 100 mg，安全摄入量上限为 1 000 mg/d。维生素 C 主要存在于蔬菜和水果中，植物种子（粮谷、豆类）不含维生素 C，动物性食物除肝、肾、血液外含量甚微。蔬菜如柿子椒、番茄、菜花及各种深色叶菜类；水果如柑橘、柠檬、青枣、山楂、猕猴桃等，维生素 C 含量都很丰富。

(二) 维生素 B₁

1. 理化性质 维生素 B₁，又称硫胺素，在干燥和酸性溶液中均稳定；在碱性环境，特别在加热时加速分解破坏。某些食物成分中含有抗维生素 B₁ 因子，如鱼类肠腔及蕨类植物中维生素 B₁ 酶可通过氨基或巯基化合物，与亚甲基发生置换反应从而使维生素 B₁ 分子断裂。另外，某些蔬菜、水果，如红色甘蓝、菊苣、黑加仑等及茶和咖啡中含有多羟基酚类物质，可通过氧化还原反应使维生素 B₁ 失活。长期大量食用此类食物可能会出现维生素 B₁ 缺乏。

2. 生理功能 TPP 是维生素 B₁ 主要辅酶形式，在体内参与两个重要的反应，即 α -酮酸氧化脱羧反应和磷酸戊糖途径转酮醇酶反应。因此，维生素 B₁ 严重缺乏时，可对机体造成广泛损伤。此外，维生素 B₁ 在维持神经、肌肉特别是心肌正常功能及在维持正常食欲、胃肠蠕动和消化液分泌等起着重要作用。

3. 缺乏与过量 维生素 B₁ 缺乏症，又称脚气病 (beriberi)，主要损害神经血管系统。维生素 B₁ 摄入不足和酒精中毒是其主要病因。发病早期可有疲倦、烦躁、头痛、食欲缺乏、便秘和工作能力下降等。根据典型症状临床上分为以下三种类型。

(1) 湿型脚气病：主要表现为心界扩大，以右心室肥大为主，心动过速、呼吸窘迫和下肢水肿。



(2) 干型脚气病：表现为腱反射异常、上行性多发性神经炎、肌肉乏力和疼痛、腓肠肌压痛等。

(3) 混合型脚气病：严重缺乏者，可同时出现神经和心血管系统症状。

此外，少数患者可出现 Wernicke-Korsakoff 综合征，其表现有精神错乱、共济失调、眼肌麻痹、假记忆和逆行性健忘，甚至昏迷。也称为脑型脚气病。

婴儿脚气病多发生于 2~5 月龄的婴儿，且多是维生素 B 缺乏的母乳所喂养的婴儿。主要表现为发绀、失声症、水肿、心界扩大和心动过速。婴儿脚气病病情凶险，而且病程进展迅速，常于症状出现后，1~2 天突然死于心力衰竭。

4. 人体营养状况评价 尿中维生素 B₁ 排出量可以反映近期饮食维生素 B₁ 摄入水平，常用的测量方法有两种。①负荷试验：成人 1 次口服 5 mg 维生素 B₁ 后，收集测定 4 h 尿中维生素 B₁ 排出总量，判断标准以 <100 μg 为缺乏，100~200 μg 为不足，>200 μg 为正常；②任意 1 次尿维生素 B₁ 与肌酐排出量比值：成人判断标准以 <27 为缺乏，27~65 为不足，>66 为正常。儿童、青少年的判定标准随年龄而有所不同，应予以注意。

5. 供给量与食物来源 维生素 B₁ 需要量与能量摄入量有密切关系。推荐饮食供给量为 0.5 mg/4.18 MJ (1 000 kcal)，相当于可出现缺乏症数量的 4 倍，这个数量足以使机体保持良好健康状态。但能量摄入不足 8.36 MJ (2 000 kcal)/d 者，其维生素 B₁ 摄入量也不应低于 1 mg。维生素 B₁ 广泛存在于各类食物中，其良好来源是动物内脏，如肝、肾、心和瘦肉及全谷类、豆类和坚果类。目前，谷物仍为我国传统饮食摄取维生素 B₁ 的主要来源，但过度碾磨的精白米、精白面会造成维生素 B₁ 大量丢失，这个问题值得注意。

(三) 维生素 B₂

1. 理化性质 维生素 B₂ 又称核黄素，在酸性溶液中对热稳定，在碱性环境中易于分解破坏。

2. 生理功能 维生素 B₂ 以 FMN 和 FAD 形式作为多种黄素酶类辅酶，在体内催化广泛的氧化—还原反应。维生素 B₂ 除在呼吸链能量产生中发挥极其重要的作用外，还在氨基酸和脂肪氧化、嘌呤碱转化成尿酸、芳香族化合物羟化、蛋白质与某些激素合成及体内铁转运过程中发挥重要作用。

3. 缺乏与过量 摄入不足和酗酒是维生素 B₂ 缺乏最常见的原因。维生素 B₂ 缺乏症病变主要表现在唇、舌、口腔黏膜和会阴皮肤处，临床称为口腔生殖综合征 (orogenital syndrome)。

4. 供给量与食物来源 2013 年制定的我国维生素 B₂ 摄入量，成人为 1.2~1.4 mg/d。维生素 B₂ 是我国饮食结构中最容易缺乏的营养素之一。良好的食物来源主要是动物性食物，以肝、肾、心、蛋黄、乳类尤为丰富。植物性食物中则以绿叶蔬菜类，如菠菜、韭菜、油菜及豆类含量较多；而粮谷类含量较低，尤其研磨过于精细的粮谷类食物。

(四) 维生素 PP

1. 理化性质 维生素 PP 又名尼克酸、烟酸等，溶于水和乙醇，维生素 PP 对酸、碱、光、热稳定，烹调时损失极小。

2. 生理功能 维生素 PP 是一系列以 NAD 和 NADP 为辅基的脱氢酶类绝对必需成



分。作为氢受体或供体，与其他酶几乎同时参与细胞内生物氧化还原全过程。

3. 缺乏与过量 维生素 PP 缺乏症又称癞皮病 (pellagra)，主要损害皮肤，口、舌、胃肠黏膜及神经系统。其典型病例可有皮炎 (dermatitis)、腹泻 (diarrhea) 和痴呆 (depression) 等，即“3D”症状。

4. 供给量与食物来源 我国成人维生素 PP RDA 是依据 5 mg/1 000 kcal 制定的。

维生素 PP 广泛存在于动植物性食物中，良好的来源为肝、肾、瘦肉、全谷、豆类等，乳类、绿叶蔬菜也含相当数量。但某些植物中的维生素 PP 可能与大分子结合，而不能被哺乳动物吸收。玉米是典型的例子，玉米中的维生素 PP 含量并不低，但以玉米为主食的人群，易于发生癞皮病，其原因是玉米中的维生素 PP 主要为结合型，不能被人体直接吸收。色氨酸约占蛋白质总量的 1%，若饮食蛋白质达到或接近 100 g/d，通常不会造成维生素 PP 缺乏。



【知识链接】◆ …

其他 B 族维生素的功能与缺乏症

维生素 B₆：是转氨酶的辅酶和氨基酸脱羧酶的辅酶。

生物素：是羧化酶的辅酶。

泛酸：是 COASH 的组分，COASH 是酰基转移酶的辅酶。

叶酸 (F)：活性形式为 FH₄，是一碳单位转移酶的辅酶，缺乏症为巨幼红细胞性贫血。

维生素 B₁₂：可提高 FH₄ 的利用率，缺乏症为巨幼红细胞性贫血。

硫辛酸：是 α -酮酸氧化脱羧酶系的辅酶，可抗脂肪肝、降低胆固醇。

第六节 矿物元素

一、概述

人体组织中几乎含有自然界中存在的各种元素，而且与地球表层元素组成基本一致。在这些元素中，已发现有 20 种左右的元素是构成人体组织、维持生理功能、生化代谢所必需。其中，除碳、氢、氧和氮主要以有机化合物形式存在外，其余统称为矿物质或灰分。含量大于体重 0.01% 者，又称为常量元素或宏量元素 (macroelement)，如钙、磷、钠、钾、氯、镁与硫等 7 种。机体中含量小于 0.001% 者为微量元素 (microelement 或 trace element)。

目前的技术水平在人体内可检出的微量元素约有 70 种，据相关资料或习惯认为必需元素有 14 种，1995 年 FAO/WHO/IAEP 认为，维持正常人体生命活动不可缺少的必需微



量元素共有 10 种，即铜、钴、铬、铁、氟、碘、锰、铝、硒和锌；硅、镍、硼、钒为可能必需元素；而铅、镉、汞、砷、钼、锡和锂有潜在毒性，但低剂量可能具有功能作用。随着研究的深入将发现更多的人体必需微量元素。

矿物质与其他营养素不同，不能在体内生成，而且除非被排出体外，不可能在体内自行消失。矿物质在体内，随着年龄增长而增加，但元素间比例变动不大。矿物质在体内分布极不均匀，如钙、磷主要存在于骨骼和牙齿中，铁集中在红细胞，碘在甲状腺，钴在造血器官，锌在肌肉组织等。在体内，元素之间尚存在拮抗与协同作用，吸收和利用相互作用及元素与机体营养状况体内平衡调节关系。此外，元素特别是微量元素摄入量，是其生物效应作用的关键，具有明显剂量—反应关系（Bertrand 曲线）。

矿物质的生理功能主要有：①构成人体组织的重要成分，如骨骼和牙齿中的钙、磷与镁；②在细胞内外液中，无机元素与蛋白质共同调节细胞膜通透性、控制水分，维持正常的渗透压、酸碱平衡，维持神经肌肉兴奋性；③构成酶的辅酶、激素、维生素、蛋白质和核酸成分，或参与酶系激活。

必需微量元素是指人体必需、但在体内不能合成，必须由饮食提供的，在人体组织中浓度不大于 250 pg/g 的无机元素。

必需微量元素在体内分布极不均匀；不能在体内生成，也不能在体内代谢中消失；缺乏和过量都可能对人体产生危害。饮食和饮水中微量元素供应不足、利用率降低、机体对微量元素需要量增高、遗传性疾病致微量元素利用发生障碍，或体内微量元素排出量增加均可引起人体微量元素缺乏。

生理功能：作为酶和维生素必需的活性因子；构成某些激素或参与激素的作用；参与核酸代谢；协助常量元素和宏量营养素发挥作用。

按生物学作用分为 3 类。①必需微量元素：共 8 种，包括铁、碘、锌、硒、铜、钼、铬及钴；②可能必需元素：共 5 种，包括锰、硅、硼、钒及镍；③不能确定的必需微量元素：具有潜在的毒性，但在低剂量时，可能具有人体必需功能的元素，共 7 种，包括氟、铅、镉、汞、砷、铝及锡。

二、钙

钙（calcium）是人体含量最多的无机元素，出生时体内含钙总量约为 28 g，成年时达 850~1 200 g，相当于体重的 1.5%~2.0%，其中 99% 集中在骨骼和牙齿中。钙主要以羟磷灰石结晶 $[3\text{Ca} \cdot (\text{PO})_2 \cdot (\text{OH})_2]$ 形式存在，少量为无定形钙，此部分钙在婴儿期占较大比例，以后随年龄增长而逐渐减少。其余 1% 中，有 50% 与柠檬酸螯合或与蛋白质结合；另外 50% 则以离子状态存在于软组织、细胞外液及血液中，组成混溶钙池（miscible calcium pool），这部分钙与骨骼钙维持动态平衡，是维持体内细胞正常生理状态所必需。

（一）生理功能

1. 构成骨骼与牙齿 骨骼以及牙齿是人体中含钙最多的组织。

2. 维持神经与肌肉活动 包括神经肌肉的兴奋、神经冲动的传导、心脏的正常搏动。



3. **促进体内某些酶活性** 钙对许多参与细胞代谢的大分子合成、转运酶都有调节作用,如三磷酸腺苷酶、琥珀酸脱氢酶、脂肪酶及某些蛋白质分解酶等。

4. **其他作用** 钙还参与凝血过程、激素分泌、维持体液酸碱平衡及细胞内胶质稳定性。

(二) 吸收与代谢

1. **钙在小肠通过主动转运与被动(扩散)转运吸收** 主动转运受饮食成分、体内钙和维生素D的营养状况和生理状况,如生长、妊娠、哺乳与年龄、性别等诸因素影响。被动转运则与肠腔钙浓度有关,钙吸收率为20%~60%。

2. **抑制钙吸收的因素** 草酸与植酸、膳食纤维(糖醛酸残基)、脂肪过多或脂肪消化不良等。

3. **促进钙吸收的有利因素** 如维生素D、乳糖、充足的蛋白质、机体状况等。

(三) 缺钙对人体健康的影响

儿童缺钙会发生佝偻病,中老年人、运动员、孕妇及乳母缺钙会发生骨质疏松症。

(四) 供给量及食物来源

钙需要量与蛋白质摄入水平有关,有学者认为每100克蛋白质需要1g钙,高磷饮食会增加钙需要量。高温作业者钙排出增加,寒带地区阳光不足,皮肤内转化的维生素D少,钙吸收较差,同时钙来源也常受饮食类型影响。因此,均需增加钙的供给量。孕期、哺乳期妇女对钙的需要都相对增加,早产婴儿、青春期前后少年儿童、老年人,均需适当增加钙供给量。

含钙食物的来源应考虑两个方面,包括钙含量及钙的吸收利用率。奶与奶制品含钙丰富、吸收率也高,是婴幼儿理想的钙来源;水产品中小虾皮含钙特别多,其次是海带。豆类及其制品、油料种子和蔬菜含钙也不少。特别是黄豆及其制品,黑豆、赤小豆、各种瓜子、芝麻酱、海带、发菜等钙含量也很丰富。

三、铁

铁是人体必需微量元素中含量最多的,总量为4~5g,体内铁可分为功能性铁和储存铁。功能性铁存在于血红蛋白、肌红蛋白及含铁酶中。储存铁以铁蛋白和血铁黄素的形式存在于肝、单核吞噬细胞和骨髓中。

(一) 吸收与代谢

饮食中铁的吸收率与机体铁营养状况、饮食中铁含量及存在形式和饮食中影响铁吸收的食物成分及含量有密切关系。铁在食物中主要以三价铁形式存在,少数食物中为还原铁(亚铁或二价铁)形式。在饮食中,铁分为血红素铁(卟啉铁)和非血红素铁,其吸收途径有部分相同。肉类等食物的铁50%左右是血红素铁,而其他为非血红素铁。前者在体内吸收时,不受饮食中植酸、磷酸影响,后者常受饮食因素干扰。非血红素铁在吸收前,必须与结合的有机物分离,如蛋白质、氨基酸和有机酸等,即必须转化为亚铁后方可吸收。因此,影响非血红素铁吸收的因素很多。



粮谷和蔬菜中的植酸、草酸及存在于茶叶及咖啡中的多酚类物质，均可影响铁吸收。胃酸缺乏或过多时，服用抗酸药物，不利于铁离子释放，也阻碍铁吸收。但维生素 C、某些单糖、有机酸及动物肉类有促进非血红素铁吸收的作用。试验结果表明，当铁与维生素 C 重量比为 1:5 或 1:10 时，可使铁吸收率提高 3~6 倍。其机制是阻止铁离子沉淀，以保持其工作状态，也可能是与铁离子整合为小分子可溶性单体，而利于小肠黏膜上皮细胞吸收。动物肉类、肝可促进铁吸收，原因未明，故暂称为肉因子 (meat factor) 或肉鱼禽因子 (MFP factor)。近年来的研究发现，B 族维生素对铁吸收、转运与储存均有良好的作用。当 B 族维生素缺乏时，铁的吸收、转运与肝、脾贮铁均受抑制。

体内铁需要量与储存量，对血红素铁或非血红素铁吸收都有影响。当储存量多时，铁吸收率降低；反之储存量低时，需要量增高，即吸收率增高。由于被吸收入肠黏膜的铁与脱铁蛋白结合，形成储存形式的铁蛋白，当身体需要铁时，铁从铁蛋白中释放出来，与运铁蛋白的 β -球蛋白结合后进入血循环，运往需要铁的组织。失去铁的脱铁蛋白又与新吸收的铁结合，再次形成铁蛋白，当达到饱和时，铁的吸收量即相应减少，直到停止吸收。因此，当需要铁多时，吸收增加；当需要铁少时，吸收即会减少。

此外，动物实验缺锌时，锌与铁吸收增加；人体试验证实，无机锌与无机铁有较强的竞争作用，互相干扰吸收。

通常，植物性食物中铁的吸收率较动物性食物较低，如大米为 1%，玉米和黑豆各为 3%，莴笋为 4%，小麦、面粉均为 5%，鱼为 11%，血红蛋白为 25%，动物肉、肝各为 22%，蛋类因存在磷酸糖蛋白—卵黄高磷蛋白 (phosvitin) 的干扰，吸收率仅为 3%。牛奶是贫铁食物，且吸收率不高，因此缺铁动物模型可采用牛奶粉及其制品喂养动物以建立。

(二) 生理作用

铁中含有血红蛋白与肌红蛋白、细胞色素 A 及某些呼吸酶的成分，参与体内氧与二氧化碳的转运、交换和组织呼吸过程。血红蛋白含 4 个铁卟啉，在从肺输送氧到组织的过程中起着关键作用。肌红蛋白含 1 个铁卟啉，在肌肉中转运和储存氧。铁与红细胞形成和成熟有关，铁在骨髓造血组织中，进入幼红细胞内，与卟啉结合形成正铁血红素，后者再与珠蛋白合成血红蛋白。缺铁时，新生红细胞中血红蛋白量不足，甚至影响 DNA 合成及幼红细胞分裂增生，还可使红细胞变形能力降低，寿命缩短，自身溶血增加。

(三) 缺乏及过量

1. 铁缺乏及缺铁性贫血 铁缺乏及缺铁性贫血是常见营养缺乏病。当体内缺铁时，铁损耗可分 3 个阶段。第 1 阶段为铁减少期 (ID)，此时储存铁耗竭，血清铁蛋白浓度下降。第 2 阶段为红细胞生成缺铁期 (IDE)，此时除血清铁蛋白下降外，血清铁也下降，同时铁结合力上升 (运铁蛋白饱和度下降)，游离原卟啉浓度 (FEP) 上升。第 3 阶段为缺铁性贫血期 (IDA)，血红蛋白和红细胞比容下降。

铁缺乏对人体的影响主要有贫血，并可发生智力发育的损害及行为改变，损害儿童的认知能力，降低抗感染能力，增加机体对铅的吸收能力，工作、学习能力下降；并易烦躁，易疲劳，头晕，冷漠呆板，恶心、便秘或腹泻及神经精神功能紊乱等症状；还



可出现心慌、气短、头晕、眼花、精力不集中等。

婴幼儿、孕妇及乳母更易发生缺铁性贫血。缺铁性贫血在婴幼儿及孕妇中，应特别注意，流行病学研究表明，早产、低出生体重儿及胎儿死亡与孕早期贫血有关。

应鉴别缺铁性贫血与其他贫血，如遗传性低铁性贫血患者组织储存过量的铁，用铁剂治疗后铁过量储存可引起其他疾病。

2. 铁过量 口服铁剂和输血可致铁摄入过多。急性铁中毒的局部影响为胃肠出血性坏死，全身性影响包括凝血不良、代谢性酸中毒和休克。机体内铁储存过多可引起慢性铁中毒，如损伤多器官的血红蛋白沉着症，常表现为器官纤维化，组织中含有极高浓度的铁，大部分为血铁黄素。铁过量对身体的危害丝毫不亚于缺铁，甚至更大！

（四）需要量及食物来源

1. 铁的需要量 铁在体内代谢中，可被反复利用，只要从食物中吸收，加以补充，即可满足需要。但婴幼儿由于生长较快，需要量相对较高，需从食物中获得的铁多于成人；妇女月经期铁损失较多，为此供给量应适当增加。男子每天损失 1 mg；女子为 0.8 mg，但月经损失平均每天为 1.4 mg。铁吸收率 < 10%，成人铁供给量应 > 10 mg/d。我国 DRI 建议铁每天供给量为：成年男子 12 mg，成年女子为 18 mg；也有建议参考摄入量：成年男子为每天 15 mg，成年女子为 20 mg。孕妇、乳母为 28 mg。铁的 UL 为 50 mg/d。制定饮食铁参考摄入量应考虑不同饮食类型中铁的生物利用率。

2. 铁的食物来源 铁丰富的来源为动物血、肝，大豆等；良好来源为瘦肉、鱼类、红糖、蛋黄、干果等，牛奶为贫铁食物。蛋黄铁含量较高，但蛋黄高磷蛋白可干扰铁吸收。蔬菜中含铁量不高，油菜、苋菜、菠菜、韭菜等的铁的利用率不高。

四、锌

锌作为人体必需的微量元素广泛分布于人体所有组织和器官中，成人体内含锌量为 2~2.5 g，主要存在于肌肉、骨骼、皮肤中。

（一）生理作用

1. 组成酶成分或酶激活剂 锌是人体许多重要酶的组成成分，已知含锌酶有 200 多种，除上述外，还有乳酸脱氢酶、羧肽酶、胸腺嘧啶核苷激酶等，而 RNA 聚合酶、DNA 聚合酶呈现活性形式时也需要锌参与。

2. 促进生长发育与组织再生 锌与蛋白质及核酸的合成，细胞生长、分裂和分化等过程都有关，与生长发育有着密切关系。

3. 维持生物膜结构和功能 锌可维持细胞膜稳定，减少毒素吸收和组织损伤；对生物膜的屏障、转运功能及与受体的结合也起着重要作用。

4. 促进食欲 锌可能通过参加构成含锌蛋白，即唾液蛋白而对味觉与食欲发生作用。

5. 促进维生素 A 代谢和生理作用 锌在体内有促进视黄醛合成和构型转化；参与肝中维生素 A 动员，维持血浆维生素 A 浓度恒定，对于维持正常暗适应能力有重要作用，锌对于维持皮肤健康也是必需的因素。

6. 参与免疫功能 锌对于保证免疫系统完整性是必需的。锌能直接影响胸腺细胞增



殖，使胸腺素分泌正常，以维持细胞免疫完整性。

（二）吸收与代谢

锌主要在小肠内被吸收，然后和血浆清蛋白或运铁蛋白结合，随血液进入门脉循环，分布于全身各器官组织。与铁吸收机制相似，锌吸收常受多种饮食成分影响，饮食蛋白质尤其是来源于动物和奶类的蛋白质对锌吸收有促进作用，而植酸、草酸、食物纤维、多酚、大豆蛋白及摄入铁、钙当量过高等对锌吸收均有抑制作用。过量食物纤维及某些微量元素也会影响锌的吸收。锌与铁比值过小，即铁过多时，可抑制锌吸收。此外，体内锌营养状况也影响锌吸收。锌吸收率为 20%~30%。

（三）缺乏与过量

1. 锌缺乏 锌缺乏表现为生长迟缓、认知行为改变等症状。生长期儿童锌缺乏最常见，常有食欲缺乏、味觉迟钝甚至丧失、皮肤创伤不易愈合、易感染、第二特征发育障碍、性功能减退（hypogonadism）、精子产生过少等症状。

2. 锌过量 成人 1 次性摄入 2 g 以上的锌可导致锌中毒，表现为上腹疼痛、腹泻，恶心、呕吐。长期补充大量锌可导致贫血、免疫功能下降、高密度脂蛋白胆固醇降低等。锌过量常引起铜继发性缺乏，损害免疫器官及免疫功能和降低巨噬细胞活力，抑制趋化性和吞噬作用及细胞杀伤能力。

3. 先天性疾病 肠源性肢端皮炎是家族遗传病，经锌治疗可得到迅速恢复。据研究认为该病与锌缺乏有关，是先天性锌吸收不良所致的。

（四）供给量与食物来源

锌来源广泛，海产品、红色肉类、动物内脏是极好来源，干果类、谷类胚芽和麦麸也富含锌。植物性食物含锌较低。

五、硒

硒在人体内的总量为 14~20 mg，广泛分布于所有组织和器官中，肝、胰、肾、心、脾、牙釉质及指甲中硒浓度较高，脂肪组织最低。硒甲硫氨酸和硒半胱氨酸是体内硒存在的主要形式。硒在体内的代谢主要受饮食中硒化学形式和量的影响，此外性别、年龄、健康状况及饮食中是否存在如硫、重金属、维生素等也有影响。硒的吸收部位主要在小肠，吸收率高低与硒的化学结构及溶解度有关，硒被吸收后与血浆蛋白结合，转运至各器官与组织中，大部分硒经尿排出，粪硒多为未被吸收的食物硒，呼出气和汗中排出硒极少，但硒摄入量高时，可随呼出气排出二甲基硒。

（一）生理作用

进入体内的硒绝大部分与蛋白质结合，称为硒蛋白，目前认为只有硒蛋白具有生物功能，且为机体硒营养状态所调节。

1. 构成谷胱甘肽过氧化物酶 硒是许多抗氧化酶必需组分，特别是谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）的重要组成成分，在体内特异地催化还原型谷胱甘肽，与过氧化物起氧



化还原反应，如过氧化氢、超氧阴离子、羟游离基、脂酰游离基，从而保护生物膜免受损害，维持细胞正常功能。硒可与维生素 E 抗氧化作用相互补充。

2. 增强免疫作用 硒几乎存在于所有免疫细胞中，补硒可明显提高机体免疫力。

3. 保护心血管功能 硒可以保护心血管，维护心肌健康。在我国以心肌损害为特征的克山病，其重要的发病因素为缺硒。

4. 促进生长、保护视觉器官及抗肿瘤 已有实验表明，硒是生长与繁殖所必需的营养素。缺硒可致生长迟缓。白内障患者及糖尿病性失明患者补充硒后，视觉功能有明显改善。流行病学调查发现，硒缺乏地区肿瘤发病率明显较高。硒可通过体内代谢产物，特别是甲基化硒化合物抑制癌细胞生长，动物试验及流行病学调查表明，硒有一定程度的抗肿瘤作用。据研究，胃癌发病与缺硒有关。对硒抗肿瘤的作用，尚需继续深入研究。

5. 解毒作用 硒能拮抗重金属的毒性，与金属有很强亲和力，在体内与重金属如汞、甲基汞、镉及铅等，结合形成金属硒蛋白复合物而解毒，并使金属排出体外。动物试验还发现硒有降低黄曲霉毒素 B₁，急性损伤、减轻肝中心小叶坏死的程度与死亡率。

6. 影响代谢 硒通过脱碘酶调节甲状腺激素，影响全身的分解和合成代谢。

（二）硒缺乏与过量

1. 硒缺乏 近年来有许多与硒缺乏相关的克山病和大骨节病的报道，两者只出现在我国低硒地带内。硒缺乏已被证实是发生克山病的重要原因。

大骨节病是地方性、多发性、变形性骨关节病，主要发生于青少年时期，严重影响骨发育。用亚硒酸钠和维生素 E 治疗儿童早期大骨节病有显著疗效，但不能有效控制大骨节病发病率。目前认为低硒是其发生的环境因素之一，另有致病因子在起主要作用。

2. 硒过量 硒摄入过多可致中毒，主要表现为毛发变干、变脆、易断裂及脱落，其他部位如眉毛、胡须及腋毛也有上述现象。并有指甲变形，肢端麻木、抽搐，甚至偏瘫，严重者可致死亡。水和土中硒含量过高，可以导致粮食、蔬菜、水果中硒含量过高。



克山病

（三）供给量与食物来源

我国根据饮食调查结果确定预防克山病所需的“硒最低日需要量”为 19 μg/d (男)、14 μg/d (女)。动物的肝、肾以及肉类、海产品都是硒的良好食物来源。但食物中的硒含量受当地水土中硒含量影响很大。影响植物性食物中硒含量的主要因素是其栽种土壤中的硒含量和可被吸收的利用量。即使同品种谷物或蔬菜，也可因产地不同而硒含量不同。动物性食物的硒含量也受产地影响，但差别比植物性食物小。

六、碘

自然界中碘的分布极不均衡，海水含碘最为丰富和稳定。人体内含碘 20~50 mg，相当于 0.5 mg/kg 体重，甲状腺组织内含碘最多，占体内总碘量的 20% 左右，数量约为 8 mg；肌肉含量仅次于甲状腺，其他脏器也可摄取或浓集碘，但仅甲状腺能合成甲状腺



激素。甲状腺碘有三碘甲腺原氨酸(T₃)、四碘甲腺原氨酸(甲状腺素, T₄)、一碘酪氨酸(MIT)、二碘酪氨酸(DIT)、甲状腺球蛋白(PBI)及其他碘化物, 其中二碘酪氨酸含量最高, 甲状腺球蛋白构成储存形式的甲状腺素。血液碘主要为蛋白结合碘, 也含 T₃、T₄ 等物质。其中 T₄ 占 16.2%, T₃ 占 7.6%, MIT 占 32.7%, DIT 占 33.4%, 其他碘化物为 16.1%。血液中 PBI 为 30~60 mg/L。

(一) 生理作用

碘主要参与甲状腺素合成, 其生理作用通过甲状腺素作用表现出来, 主要是促进和调节代谢及生长发育。具体如下: ①促进生物氧化, 协调氧化磷酸化过程, 调节能量转化; ②促进蛋白质合成, 调节蛋白质代谢; ③促进糖类和脂肪代谢; ④调节组织水电解质代谢; ⑤促进维生素吸收和利用; ⑥增强酶的活力, 对生物氧化和代谢都有促进作用; ⑦促进神经系统的发育、组织的发育和分化及蛋白质的合成。

(二) 吸收与代谢

消化系统、皮肤、呼吸系统及黏膜均可吸收碘。食物碘离子极易被吸收, 进入胃肠后 1 小时内大部分被吸收, 3 小时内完全被吸收。钙、氟、镁阻碍碘吸收, 蛋白质与能量不足也可妨碍碘吸收。吸收的碘被迅速转运至血浆, 常不与血液中蛋白质结合, 并遍布各组织中。仅在甲状腺部分被合成为甲状腺素, 并被储存于体内唯一储存碘的器官甲状腺。

在代谢过程中, 甲状腺素分解脱碘, 部分被重新利用, 其余的绝大部分通过肾排出, 部分在肝内合成甲状腺素葡萄糖酸酯或硫酸酯, 随胆汁分泌进入小肠, 从粪便排出体外。体内碘 90% 由尿排出, 近 10% 由粪便排出, 随汗液或通过呼吸排出的较少。母乳乳汁排出一定量碘, 含量为 7~14 μg/L。

(三) 碘缺乏和过量

1. 碘缺乏 机体因缺碘所导致的系列障碍统称为碘缺乏症, 环境缺碘是其主要病因。其临床表现取决于缺碘程度、缺碘时机体所处发育时期及机体对缺碘反应性或代偿适应能力。碘缺乏在成人中可引起甲状腺肿, 在胎儿期和新生儿期可引起克汀病。碘缺乏常具有地区性特点, 故称为地方性甲状腺肿, 但常不伴甲状腺功能失常。碘缺乏可因环境与食物缺碘造成, 但并非引起甲状腺肿的唯一原因。

有些食物含致甲状腺肿物质, 即抗甲状腺素物质, 影响碘的吸收利用。如十字花科植物的白菜、萝卜等食品, 含有 B- 硫代葡萄糖苷等可影响碘利用。此外, 蛋白质不足, 钙、锰、氟过高或钴、铜不足对甲状腺素合成也有一定影响。碘缺乏可引起甲状腺素合成和分泌不足, 引起垂体促甲状腺激素代偿性合成分泌增多, 刺激甲状腺增生、肥大。由于环境、食物缺碘造成, 常引起地方性甲状腺肿。孕妇严重缺碘, 可殃及胎儿发育, 使新生儿生长受影响, 尤其是神经、肌肉组织, 认知能力低下及胚胎期和围生期死亡率升高。其发病情况各地不同, 与碘缺乏程度和时间长短有关。所发生的克汀病最为严重, 表现为以神经损伤为特征的神经型与表现为甲状腺功能低下和甲状腺中等程度肿大为主的黏液水肿型。后者可见四肢短小、颈短, 骨骼异常等。



碘缺乏地区可采用食用碘化食盐的方法预防地方性甲状腺肿。

2. 碘过量 较长时间高碘摄入可导致高碘甲状腺肿。碘过量通常发生于摄入含碘量高的食物及在治疗甲状腺肿等疾病中使用过量碘剂。我国河北、山东的部分县、区居民，曾因饮用深层高碘水，或高碘食物造成高碘甲状腺肿。只要限制高碘食物，即可防治；如补充碘反而使病情恶化。在我国使用强化食盐防治地方性甲状腺肿大时，尚未见由于碘过量造成的甲状腺肿的报道。

（四）供给量与食物来源

评价碘营养状况的常用指标有垂体—甲状腺轴系激素水平 CTSH、促甲状腺激素、T₄、游离 T₄、T₃、游离 T₃、尿碘、儿童甲状腺肿大率、地方性克汀病发病率等。人体对碘的需要量受年龄、性别、体重、发育及营养状况等因素影响。中国营养学会建议每天供给量 (RNI) 为成人 150 μg，孕妇、乳母再增加 50 μg。

海产品碘含量高于陆地食物，其中海带碘含量最高，盐中含碘量极微；动物性食物碘含量高于植物性食物。含碘量较高的食物有海产品，如每百克干海带含碘 24 000 μg，干紫菜 1 800 μg，干淡菜 1 000 μg，干海参 600 μg，海盐多在 30 μg/kg 以上。

七、铜

人体内含铜量为 50~120 mg，主要分布于肝和脑中。

（一）生理功能

- (1) 参与铁代谢，维持正常造血功能。
- (2) 促进结缔组织形成，促进蛋白交联。
- (3) 超氧化物转化铜可保护机体细胞免受超氧阴离子的损伤。
- (4) 其他通过含铜酶参与维持中枢神经系统正常功能、促进黑色素形成及维护毛发正常结构等。

（二）吸收与代谢

铜主要在胃和小肠上部吸收，吸收率约为 40%，某些饮食成分如锌、铁、铜、维生素 C、蔗糖及果糖含量较高时，可干扰铜吸收。实验观察发现，当锌含量达 120~240 μg/g 时，明显降低含铜酶活性；如服用大量维生素 C (1 500 mg/d)，连续服 2 个月后，在成人中可出现血清铜蓝蛋白降低。

（三）缺乏、过量与导致疾病

1. 铜缺乏 铜缺乏可发生不同程度的贫血，并可出现其他症状。如皮肤、毛发脱色、精神性运动障碍、血管张力减退、红细胞形成受抑、骨质疏松等；铜缺乏会降低细胞呼吸和氧化磷酸化作用能力，使细胞活性减慢；缩短红细胞寿命；铜缺乏还可引起小细胞低色素贫血；等等。

2. 铜过量 过量铜摄入常发生于误服大量铜盐，饮用与铜容器长时间接触的饮食，多为饮料等。在这些情况下，常发生急性中毒，可引起恶心、呕吐、上腹疼痛、腹泻及头痛、眩晕等，严重者可致昏迷。



3. 先天性疾病 先天遗传性缺陷, 如 Menke 综合征和肝豆状核变性均为先天性铜代谢紊乱。

(四) 供给量与食物来源

成人每日可摄取 2~5 mg 铜, 吸收 0.6~1.6 mg 的铜。美国规定成人铜的每日膳食供给量为 2~3 mg, 我国尚无规定。

铜的食物来源很广, 一般的动、植物食品均含有铜, 其含量随所生长的土壤地质化学情况而有所差异。含铜最丰富的是动物内脏器官如肝、肾等。甲壳类、坚果类、干豆等也较多; 牛奶、绿叶蔬菜含铜较少。

第七节 膳食纤维

一、膳食纤维概述

(一) 膳食纤维定义

膳食纤维是营养学概念, 而不再表示饮食中的特定成分。随着低聚糖、抗消化淀粉、果胶等单体成分研究的深入和生理学的发展, 人们对以往那些认为不能或难被肠内酶所作用的物质, 如 β - 低聚糖、食物纤维、抗消化淀粉等生理意义有了新的认识, 应该说这些新的发现是对传统食品科学提出的挑战, 也为食品科学的蓬勃发展注入新的生机。

(二) 膳食纤维结构化学

膳食纤维主要包括除淀粉以外的多糖, 如纤维素、 β - 葡聚糖、半纤维素、果胶、树胶, 还有非多糖结构的木质素。

1. 木质素 木质素是植物木质化过程中形成的非糖类, 是由苯丙烷单体聚合而成, 具有复杂的三维结构, 不能被人 and 动物消化吸收。食物中木质素含量较少, 主要存在于蔬菜木质化部分和种子中, 如草莓籽、老胡萝卜等植物中。因为木质素存在于细胞壁中难以与纤维素分离, 所以在膳食纤维的组分中包括木质素。

2. 抗性淀粉 抗性淀粉 (RS) 是难以被人体利用的淀粉, 是通过工业加工改造, 改变其特性的淀粉, 以达到保健目的。

二、膳食纤维理化特性

1. 黏稠度 与膳食纤维的含水量有关。多数膳食纤维能形成黏性溶液。膳食纤维增加食糜的黏度, 使胃排空速度降低, 使消化酶与食糜的接触减少, 影响肠内营养物的消化和吸收。黏稠度增加可使小肠腔内单糖和中性氨基酸转运速度减慢。有报道, 黏性多糖可以使糖耐量试验的血糖曲线变得平坦。

2. 含水量 含水量是指吸水性能, 也就是与水的结合力。肠内纤维含水量与粪便体积和重量呈正相关。



3. 胆汁酸结合力 食物纤维如谷类和各种食物的纤维或分离纯化的纤维组分，均具有结合胆酸和降低胆固醇作用，可促进胆汁酸从粪中排泄。因此，有学者提出膳食纤维有增加胆汁酸更新，降低血浆胆固醇水平的作用。

4. 阳离子交换作用 二价的阳离子，如钙、铜、铁和锌均可被谷类、玉米中的食物纤维和分离出的半纤维素、纤维素、果胶和木质素所结合。pH 可影响纤维素结合阳离子的作用。

5. 颗粒大小 谷类的麸皮颗粒大小与磨研加工有关。

6. 微生物降解和短链脂肪酸的生成 膳食纤维不能在肠内被消化，但易被肠内细菌酵解。

三、膳食纤维的功能

膳食纤维种类、食物来源和主要功能，见表 1-14。

表 1-14 膳食纤维种类、食物来源和主要功能

种类	食物来源	主要功能
不溶性纤维		
木质素	所有植物	待研究
纤维素	所有植物（如小麦制品）	增加粪便体积
半纤维素	小麦、黑麦、大米、蔬菜	促进胃肠蠕动
可溶性纤维		
果胶、树胶、黏胶	柑橘类、燕麦制品	延长胃排空时间

1. 增强肠蠕动功能，有利于排便。大多数纤维素能促进肠蠕动，使肠肌肉保持健康和张力，还能使粪便含水较多而体积增加和变软，有利于粪便排出。反之，肠蠕动缓慢，粪便少而硬，造成便秘。长期便秘使肠内压增加，易患肠憩室病（diverticulosis）和痔疮。西方国家肠憩室病患病率高达 50%。

2. 控制体重和减肥。膳食纤维，特别是可溶性纤维，可减缓食物由胃进入肠内的速度和吸水作用，从而产生饱腹感而减少能量摄入，达到控制体重和减肥的作用。

3. 降低血糖和血胆固醇。大多数可溶于水的食物纤维如果胶、树胶及羧甲基纤维等可降低血浆胆固醇水平，尤其是可降低低密度脂蛋白胆固醇。可溶性纤维可减少小肠对糖的吸收，使血糖不至于进入而快速升高。

4. 预防结肠癌。

5. 对脂质代谢的影响：膳食纤维有降低胆固醇与三酰甘油的效果。

6. 对维生素影响：膳食纤维对某些脂溶性维生素吸收有影响。

7. 膳食纤维副作用过多。摄食膳食纤维会引起腹部不适，如增加肠气量，影响人体对蛋白质、维生素和微量元素的吸收。

四、膳食纤维的摄入量

我国营养学会推荐：低能量饮食 7.52 MJ (1 800 kcal) 为 25 g/d，中等能量饮食



10.03 MJ (2 400 kcal) 为 30 g/d, 高能量饮食 11.70 MJ (2 500 kcal) 为 35 g/d。

五、膳食纤维的来源

膳食纤维的主要来源包括：谷类纤维、燕麦纤维、番茄纤维、苹果纤维、魔芋葡聚糖纤维、抗性淀粉等。

第八节 水

一、水在人体内的分布

水是一种最重要的营养素，也是生物体各种物质组成中含量最多的一种。水占人体质量的百分比随年龄的增大而减少，如胚胎约含水 98%，婴儿约 75%，成人为 65%，老年人体内水分含量仅为体重的 50%。

水是机体内每一个细胞和组织的基本组成成分，但不同的组织含水量也各不相同，如血液含水 83%、肌肉含水 76%、皮肤含水 72%、骨骼含水 22%、唾液含水 99.5%、脂肪组织含水 20% 左右。

二、水的生理功能

1. 机体的重要组成成分 水是维持生命、保持细胞外形、构成各种体液所必需的物质，每种体液和组织都含有一定量的水。

2. 参与机体代谢 水具有很强的溶解性，能使许多物质溶解于其中形成水溶液来发挥其生理功能。水的流动性很强，可以作为体内很多物质的载体，对营养物质的吸收和代谢废物的排泄起到了极其重要的作用。同时，水本身也参与体内的很多化学反应。可以说，水是各种化学物质在体内正常代谢的保证。

3. 水具有调节体温的作用 水的比热容高、蒸发热大，从而可以保证人体在冷、热环境下体温的降低或升高不会过多。另外，水的导热性强，可以保证体内各组织和器官的温度趋于一致。

4. 水具有润滑功能 水的黏度小，可使体内摩擦部位润滑，减少损伤。如泪液可防止眼球干燥，唾液及消化液有利于咽部的润滑和食物的消化，人体的关节部位、内脏之间也需要水来润滑。水还可以保持肌肤柔软有弹性以及维持腺体的正常分泌。

三、水的平衡

(一) 水的摄入及来源

机体从以下三个来源获得水分。

1. 饮水和其他饮料 包括饮用水、茶、咖啡和其他饮料，通过这些途径所摄入的水分占人体水分总来源的 30%~40%。

2. 食物水 包括固体食物（米饭、馒头、水果等）和液体食物（牛奶、汤等）中的水。



许多食物中都含有大量的水分，其中有一部分以结晶水的形式存在，有一部分则以结合水的形式存在，但都可以被人体吸收利用。从食物中所摄入的水分占人体水分总来源的一半以上。

3. 代谢水 代谢水是由营养素在体内氧化分解以后生成的，即食物进入人体后，三大营养物质和一些纯热能物质在代谢过程中会生成一部分水分，不同成分在氧化过程中生成水量各不相同（表 1-15），此途径为人体提供的水分约占人体水分总来源的 10%。

表 1-15 不同食物成分在体内氧化生成水的量

食物成分	糖类	脂肪	蛋白质	乙醇	乳酸
氧化生成水/(g/g)	0.60	1.07	0.42	1.17	0.60

（二）水的排出

正常情况下，人体水分的摄入量应等于排出量，二者维持着动态平衡。人体主要通过以下途径将水排出体外。

1. 尿液 正常人摄入一般膳食所排出的尿量为 1 000~1 500 mL/d，约占排出总水分的一半。

2. 汗液 通过汗液蒸发所排出的水分，约为 500 mL/d。

3. 肺呼吸 呼吸时也会丧失一部分水分，约为 300 mL/d。

4. 粪便 粪便中也含有少量的水分，正常人每日通过粪便排出的水分约为 200 mL。

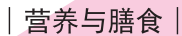
思考与训练

一、名词解释

1. 基础代谢率
2. 食物的特殊动力作用
3. 必需氨基酸
4. 限制氨基酸
5. 氮平衡
6. 蛋白质互补作用

二、填空题

1. 一般认为，三大产热营养素在膳食中的比例分别为，糖类占 _____，脂肪占 _____，蛋白质占 _____。
2. 人体任何组织和器官，都是以 _____ 作为重要组成成分的。
3. 营养学上重要脂类主要有 _____、_____ 和 _____。
4. 矿物质可分为 _____ 和 _____，前者如钙、磷、钠、钾、氯、镁与硫等 7 种；后者如铜、钴、铬、铁、氟、碘、锰、铝、硒等。



- ### 三、单项选择题

- 52



C. 维生素 B₁

D. 维生素 B₂

10. 维生素 D 的主要功能是()。

A. 调节钙、磷浓度, 维持正常骨骼

B. 调节钙、磷浓度, 抗氧化

C. 维持正常骨骼, 保持红细胞完整性

D. 维持正常骨骼和上皮组织结构的完整性

11. 富含维生素 A 的食物是()。

A. 鸡肝

B. 猪肉

C. 玉米

D. 山药

12. 人体必需微量元素包括()。

A. 铁、锌、钙、镁

B. 铁、锌、硒、碘

C. 硒、碘、钾、钠

D. 钾、钠、钙、镁

13. () 在体内主要参与甲状腺素的合成。

A. 碘

B. 氟

C. 铁

D. 铜

14. 下列食物中, 含锌量最高的是()。

A. 胡萝卜、西红柿

B. 畜禽肉类

C. 牡蛎

D. 肝蛋类

15. 不被人体吸收, 但对人体有重要的生理意义的是()。

A. 葡萄糖

B. 膳食纤维

C. 麦芽糖

D. 乳糖

四、简答题

1. 能量的食物来源有哪些?
2. 举例说明蛋白质的互补作用。
3. 简述维生素 A 的生理功能。
4. 锌缺乏会对人体造成哪些影响?