



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高等医药院校规划教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等专业使用

# 临床营养学

第3版

主编 孙秀发 凌文华



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高等医药院校规划教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等专业使用

# 临床营养学

第3版

主 编 孙秀发 凌文华

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

随着医学模式的变化和医学教育改革的深入,越来越多的临床医学学生和医生希望能更多地了解临床营养的知识,许多医学院校纷纷把临床营养学作为必修或选修课程。为了满足这种需求,于2003年我们组织国内部分知名院校专家编写了《临床营养学》教材第1版,2008年出版了第2版,现针对前两版教材使用中反馈的意见以及学科的发展,我们在原教材的基础上编写了第3版。本书仍分为上、中、下三篇。上篇主要介绍营养素的相关基础与应用,包括传统的营养学中的能量、蛋白质、脂类、碳水化合物、维生素、矿物质和水,还介绍了近些年被广泛关注和研究的植物性非营养生物活性物质。对于营养素与药物的相互作用,虽然目前的研究并不成熟和系统,但是其在临床应用中的指导作用很大,我们仍保留了这部分内容。中篇主要介绍患者的营养风险筛查和评价,各种膳食和治疗中的相关营养支持(如肠内、肠外营养)以及诊断和试验用的有关特殊膳食,患者的膳食指南和食谱编制等,有较强的适用性。下篇是本书的主要部分,主要介绍膳食、营养与常见多发相关疾病的发生、发展、预防、治疗和康复的关系。本书第3版在保持前两版基本结构下,进行了知识的丰富和更新,比如膳食营养素推荐摄入量采用中国营养学会2013年修订的数据等。对第2版的内容有所增减。另外,编排顺序也有所变动,希望更有利于学生的学习和系统掌握。本书延续了前两版的特点,对重要的专业词汇及知识采用双语尝试,希望学生更多地了解英语专业词汇和重要概念的表述。此外,本书附有中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版),便于学生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

临床营养学 / 孙秀发, 凌文华主编. —3版. —北京: 科学出版社, 2016.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·全国高等医药院校规划教材

ISBN 978-7-03-047112-3

I. ①临… II. ①孙… ②凌… III. ①临床营养-医学院校-教材 IV. ①R459.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第012186号

责任编辑: 朱 华 周 园 / 责任校对: 李 影

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 陈 敬

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年8月第 一 版 开本: 850×1168 1/16

2016年3月第 三 版 印张: 19

2016年3月第十七次印刷 字数: 597 000

定价: 59.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 《临床营养学》(第3版)编写人员

主 编 孙秀发 凌文华

副主编 高永清 郝丽萍 杨雪锋

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)

蔡红琳(华中科技大学)

蔡美琴(上海交通大学)

高永清(广东药学院)

郭怀兰(湖北医药学院)

郝丽萍(华中科技大学)

蒋建华(安徽医科大学)

李 李(安徽医科大学)

李 莉(新疆医科大学)

李述刚(石河子大学)

厉曙光(复旦大学)

梁 惠(青岛大学)

凌文华(中山大学)

刘菊英(中南大学)

罗 琼(武汉大学)

毛丽梅(南方医科大学)

曲 巍(滨州医学院)

孙桂菊(东南大学)

孙秀发(华中科技大学)

王南平(三峡大学)

吴小南(福建医科大学)

杨建军(宁夏医科大学)

杨雪锋(华中科技大学)

杨 艳(西南医科大学)

叶 琳(第四军医大学)

左学志(华中科技大学)

郑锦锋(南京军区南京总医院)

学术秘书 杨雪锋

## 第3版前言

在一切都是物质的自然界里，时间是什么？我无法回答，但世界却因它而不断地变化。临床营养学本身的发展和被人们所认识的程度，也因为它而发生了巨大的改变。如果说在前两版的前言里我还在不遗余力地阐述临床营养学对于医学生和医生在学习和临床工作以及患者治疗康复的重要性和必要性，那么今天这个道理却连大多数老百姓都已接受了。而各种媒体以不同的形式前所未有地宣传营养与健康 and 疾病的关系，普及营养对于疾病的预防、控制与康复的科学知识已达到了相当高的热度。

快速变化的中国！快速变化的临床营养学！

在快速变化的中国，也存在着多种不平衡。一方面人们的生活水平在不断地提高，一方面是营养不平衡的问题在发展；一方面人民的平均寿命在增加，一方面是各种慢性病的发病率在上升。

2012年3月28日中国CDC发布的统计结果：截至2010年，全国18岁及以上居民超重率达32.1%，肥胖率达9.9%，城市居民超重率和肥胖率比农村高得多。肥胖已与艾滋病、毒药麻痹和饮酒成瘾并列为世界四大医学社会问题，成为全球引起死亡的第五大风险。全球每年至少有280万人死于超重或肥胖，肥胖与许多慢性病有关，控制肥胖症是减少慢性病发病率和病死率的一个关键因素。根据世界卫生组织研究报告，肥胖使2型糖尿病、胆囊疾病、血脂异常、气喘和睡眠中阻塞性呼吸暂停的风险显著增加，使冠心病、高血压、骨关节病、高尿酸血症和痛风、脂肪肝的相对风险度增大2~3倍。

据世界卫生组织公布的数据显示，心脑血管疾病已经成为危害人类健康的第一杀手。目前，我国约有1.6亿人患有高血压、动脉硬化等心脑血管疾病，18岁以上患病率达18.8%，6000万人患有冠心病，7000万人患有脑梗死或者脑出血，40岁以上的人中，约有57%的人患有不同程度的心脑血管疾病。并且，心脑血管疾病（如中风、脑出血、心肌梗死、冠心病）发病前没有任何征兆，病来如风，兼有高病死率、高复发率、高致残率的特点，给无数家庭带来巨大痛苦。如果不采取有效措施，预计在未来10年内，仅心脏病、中风和糖尿病就将给中国带来至少5500亿美元的经济损失。

我国现有1.13亿糖尿病患者，1.48亿糖尿病前期患者，快速增长的糖尿病人，转眼之间就将中国推向了世界第一。调查结果表明，中国农村人群的糖尿病发病率为8.2%，城市人群为11.4%，而且增长速度明显。世界卫生组织将糖尿病列为三大疑难病之一，并把每年的11月14日定为“世界糖尿病日”。

在上述诸多疾病中，营养因素在其预防、治疗和康复中有着至关重要的作用，而在临床上无论治疗何种疾病营养因素都应该是不可或缺的。本书的目的也就是在医学教育中，希望可以给予临床医学生以临床营养基础及应用的教育，借此提高医疗水平和效果。

本书第3版是在保持第2版基本结构下，给予知识的丰富和更新。比如中国营养学会对于中国居民膳食营养参考摄入量(DRIs)的修订，比如对于蛋白质的生理功能的认识将进一步丰富肽和氨基酸的相关内容等。

本书前两版发行中，受到许多单位和兄弟院校的使用和支持，在此要特别感谢对这本书的出版给以全力支持的我国营养学界老前辈顾景范教授，感谢主编凌文华教授及各位编委的辛勤付出，感谢科学出版社及相关编辑的大力推广，尤其要感谢郝丽萍博士的辛苦和贡献。当然我也由衷地感谢对本版作出贡献的各位主编、副主编、编委和秘书杨雪锋博士。虽然是第3版，仍然有许多不足和遗憾，比如缺乏配套的教材和实习内容等，书中难免也有错误和不严谨之处，敬请各位使用者多提建设性意见，以便在下一版中去完善。

孙秀发

2015年3月

# 目 录

## 上 篇

第 1 章 能量	3
第一节 人体的能量消耗	3
第二节 人体一日能量需要的确定及供给	5
第 2 章 蛋白质	6
第一节 蛋白质的功能	6
第二节 氨基酸和必需氨基酸	6
第三节 蛋白质的消化、吸收和代谢	8
第四节 食物蛋白质营养学评价	8
第五节 蛋白质营养不良、营养状况评价及食物供给	11
第 3 章 碳水化合物	12
第一节 碳水化合物的分类	12
第二节 碳水化合物的功能	14
第三节 碳水化合物的代谢	14
第四节 碳水化合物的参考摄入量和食物来源	17
第 4 章 脂类	18
第一节 脂类的结构及其功能	18
第二节 脂肪酸	19
第三节 脂类的消化吸收和代谢	22
第四节 人体脂营养状况评价	23
第五节 参考摄入量及食物来源	23
第 5 章 维生素	25
第一节 脂溶性维生素	25
第二节 水溶性维生素	29
第三节 类维生素	35
第 6 章 矿物质和水	38
第一节 钙	39
第二节 磷	40
第三节 其他常量元素	41
第四节 铁	42
第五节 锌	43
第六节 碘	44
第七节 硒	45
第八节 铜	45
第九节 其他微量元素	46
第十节 水	47
第 7 章 植物性非营养生物活性物质	49
第一节 萜类化合物	49

第二节 生物碱类	51
第三节 酚类化合物	53
第四节 苷类	54
第五节 含硫化物	56
第六节 甾类化合物	58
第 8 章 食物与药物的相互作用	60
第一节 药物和食物的相互作用的机制和分类	60
第二节 饮食结构对药效的影响	62
第三节 药物对营养状况的影响	64

## 中 篇

第 9 章 住院患者的膳食与营养	66
第一节 患者的营养风险筛查和评价	66
第二节 住院患者膳食	75
第三节 肠内营养	88
第四节 肠外营养	96
第五节 患者膳食指南	105
第 10 章 食谱编制	109
第一节 概述	109
第二节 食谱编制的原则	110
第三节 食谱编制的方法	110

## 下 篇

第 11 章 营养与呼吸系统疾病	118
第一节 营养不良对呼吸系统结构和功能的影响	118
第二节 慢性阻塞性肺病	119
第三节 急性呼吸窘迫综合征	121
第四节 乳糜胸	122
第 12 章 营养与循环系统疾病	124
第一节 高脂血症	124
第二节 冠心病	127
第三节 高血压	130
第四节 营养与脑卒中	134
第 13 章 营养与消化道疾病	137
第一节 反流性食管炎	137
第二节 胃炎	138
第三节 消化性溃疡	141
第四节 肠结核	145

第五节 炎症性肠病	147	第五节 膳食营养与癌症预防	240
第六节 腹泻与便秘	151	<b>第 20 章 营养与烧伤</b>	244
<b>第 14 章 营养与肝、胆、胰腺疾病</b>	155	第一节 烧伤代谢特点及对内脏功能影响	244
第一节 肝炎	155	第二节 烧伤后的营养需求	246
第二节 脂肪肝	157	第三节 烧伤后营养代谢支持	250
第三节 肝硬化	159	<b>第 21 章 创伤和手术患者的营养支持</b>	253
第四节 肝性脑病	163	第一节 创伤患者的营养治疗	253
第五节 胆石病和胆囊炎	167	第二节 围手术期患者的营养治疗	261
第六节 营养与胰腺疾病	170	<b>第 22 章 营养与儿科疾病</b>	265
<b>第 15 章 营养与肾脏疾病</b>	176	第一节 蛋白质-热能营养不良	265
第一节 肾脏病的病理特点及营养治疗原则	176	第二节 肥胖症	267
第二节 营养与肾小球肾炎	178	第三节 小儿腹泻	268
第三节 营养与肾病综合征	182	第四节 小儿糖尿病	269
第四节 营养与肾功能衰竭	186	第五节 苯丙酮尿症	271
第五节 营养与其他肾脏疾病	194	<b>第 23 章 营养与妇产科疾病</b>	272
<b>第 16 章 营养与糖尿病</b>	197	第一节 妊娠剧吐	272
第一节 概述	197	第二节 妊娠高血压综合征	273
第二节 糖尿病的临床分型	197	第三节 妊娠糖尿病	276
第三节 糖尿病的病因与临床表现	199	<b>第 24 章 营养与其他疾病</b>	279
第四节 营养治疗	201	第一节 原发性骨质疏松症	279
<b>第 17 章 营养与肥胖病</b>	211	第二节 营养与口腔疾病	285
第一节 概述	211	<b>附录</b>	289
第二节 肥胖的病因	214	附表 1 中国居民膳食能量需要量(2013 EER)	289
第三节 膳食与肥胖治疗	215	附表 2 中国居民膳食蛋白质参考摄入量 (2013 DRIs)	290
第四节 肥胖的预防	219	附表 3 中国居民膳食碳水化合物、脂肪酸 参考摄入量(2013 DRIs)	291
<b>第 18 章 营养与痛风</b>	221	附表 4 中国居民膳食常量元素参考摄入量 (2013 DRIs)	292
第一节 发病机制	221	附表 5 中国居民膳食微量元素参考摄入量 (2013 DRIs)	293
第二节 临床表现	223	附表 6 中国居民膳食脂溶性维生素参考摄入量 (2013 DRIs)	294
第三节 食物、营养与预防	223	附表 7 中国居民膳食水溶性维生素参考摄入量 (2013 DRIs)	295
第四节 营养与治疗	224		
<b>第 19 章 膳食、营养与癌症</b>	226		
第一节 膳食、营养与癌症的发生	226		
第二节 食物中的癌瘤阻断剂	231		
第三节 癌症患者营养代谢的变化和癌症恶 病质	234		
第四节 营养支持在癌症患者治疗中的意义 与实施	237		



# 上 篇

营养(nutrition)是指人体摄取、消化、吸收、转运和利用食物中营养物质以满足机体生理需要并排除废物的生物学过程。营养学就是研究膳食、营养与人体健康关系的科学,广义的营养学,还包括社会、经济、文化、生活习惯和膳食心理等多种领域和学科。

Nutrition is a science of foods and the nutrients and other substances they contain, and of their actions within the body. A broader definition includes the social, economic, cultural, and psychological implications of food and eating.

营养学的核心就是营养平衡(nutrition balance)。所谓营养平衡或称合理营养,是指通过合理的膳食和科学的烹调加工,向机体提供足够的能量和各种营养素,并保持各营养素之间的平衡,以满足人体的正常生理需要、维持人体健康的营养。要做到合理营养,首先必须作到合理膳食(rational diet)。合理膳食包括以下内容:①保证营养合理;②食物安全无害;③烹调加工合理,不仅使食物色、香、味、型俱全,而且能最大限度地减少营养素的损失,并易于消化吸收;④有合理的膳食制度和饮食习惯;⑤有良好的膳食环境和愉快的心情。

为了能更好地理解本篇有关内容,应首先了解以下几个基本概念。营养素(nutrient)是指食物中可给人体提供能量、机体构成成分和组织修复以及生理调节功能的化学成分。Chemical substances obtained from food and used in the body to provide energy, structural materials, and repair of the body's tissues; Nutrients may also reduce the risk of some diseases.这一定义体现了人类对营养素认识的进步。人体需要的营养素主要包括蛋白质、脂肪、碳水化合物、各种矿物质和维生素五大类(也有将水作为第六类营养素)。由于蛋白质、脂肪和碳水化合物的摄入量较大,所以称为宏量营养素(macronutrient);维生素和矿物质的需要量相对较小,称为微量营养素(micronutrient)。凡在人体内总重量大于体重的0.01%的矿物质,称为常量元素(major element),而总重量小于0.01%者,称为微量元素(trace element)。食物中碳水化合物、脂肪和蛋白质经过氧化分解释放出一定的能量,满足人体的需

要,故称三大能量营养素(energy-yielding nutrients)。现代营养学中,往往把食物中具有生理调节功能的物质也包括在营养素之中。

营养素生理需要量(nutritional requirement),是指能保证人体健康,达到应有发育水平并能充分有效地完成各项体力、脑力活动所需要的能量和各种营养素的必需的量。联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)联合专家委员会提出了三个不同水平的营养素需要量。

基本需要量(basal requirement):是指为预防可察知的功能损伤所需要的营养素的量。满足这种需要,机体可正常生长和繁育。临床上不会出现缺乏病的显著症状,但该种营养素在组织内储备很少或没有,短期内膳食供给不足即可造成缺乏。

储备需要量(normative requirement):是指维持组织中储存一定水平的该营养素的需要量,以满足机体的基本需要。但是,究竟个体储备多少量为宜还是尚未解决的课题。

预防出现明显临床缺乏病的需要量:此需要量是比基本需要量更低水平的需要量。低于此需要量,就可能出现临床上的营养缺乏病。

膳食营养素参考摄入量(dietary reference intake, DRIs):是指保证人体营养素平衡,在推荐膳食营养素供给量(recommended nutrient intake, RNI)基础上发展起来的每日膳食营养素摄入量的一组参考值。包括:平均需要量,推荐摄入量,适宜摄入量,可耐受最高摄入量,以及与慢性非传染病有关的三个指标即宏量营养素可接受范围、预防非传染性慢性病的建议摄入量和特定建议值。

平均需要量(estimated average requirement, EAR):该值是指满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中50%个体营养素需要量及能量的摄入水平,不能满足另外50%个体对营养素和能量的需要。

RNI:是指通过膳食,满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中绝大多数(97%~98%)个体需要的能量和各种营养素的量。由于经济、文化、地理、宗教等以及消化吸收因素的影响,RNI可作为个体每

日能量和营养素的目标值。推荐摄入量要高于营养素生理需要量。

适宜摄入量(adequate intake, AI):是指通过观察或实验获得的健康群体某种营养素的摄入量。AI也可作为目标人群中个体营养素摄入量的目标值,但准确性远不如RNI。

可耐受最高摄入量(tolerable upper intake level, UL):是指人体每日摄入该营养素的最高限量。UL水平对所有个体健康无危害,但也不表示是有益的。超过UL有可能对机体有害。

宏量营养素可接受范围(acceptable macronutrient distribution ranges, AMDR):是指三大能量营养素蛋白质、脂肪、碳水化合物理想的摄入量范围。通常用某营养素摄入量占摄入总能量的百分比表示,具有上

限和下限。如果超过上限或低于下限,就可能增加某种慢性病风险。

预防非传染性慢性病的建议摄入量(proposed intakes for preventing non-communicable chronic diseases, PI-NCD):是以非传染性慢性病的一级预防为目标,提出的必需营养素的每日摄入量。当NCD易感人群某些营养素的摄入量达到或接近PI时,可以降低他们的NCD。

特定建议值(specific proposed level, SPL):专用于上述的食物中具有生理调节功能、预防慢性疾病的物质,多数为植物化学物。指人体每日膳食中这些食物成分的量达到这个建议水平,有利于维护人体健康。

(孙秀发)

# 第1章 能 量

能量不是营养素，机体内的能量，一部分转变成热量，维持体温的恒定并不断地向环境中散发，另一部分作为能源维持各种生命活动的正常进行。碳水化合物、脂肪和蛋白质是三大能量营养素，除此之外，酒中的乙醇也能提供较高的能量。

能量的单位，国际上通用焦耳(joule, J)，营养学中多使用千焦耳(kilojoules, kJ)。有些国家，如美国和加拿大仍继续使用卡(calorie, cal)和千卡(kilocalories, kcal)。其换算关系如下：1cal=4.184J；1J=0.239cal。

由于食物中的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热能，特别是蛋白质，可产生一些不能继续被分解利用的含氮化合物，如尿素、肌酐、尿酸等。所以在实际应用时，食物中生热营养素的产热量，是按下列换算关系进行的。

1g 碳水化合物 → 16.7kJ(4.0kcal)

1g 脂肪 → 36.7kJ(9.0kcal)

1g 蛋白质 → 16.7kJ(4.0kcal)

1g 乙醇 → 29.3kJ(7.0kcal)。

## 第一节 人体的能量消耗

通常，人体的能量消耗主要包括基础代谢、体力活动和食物的热效应三个方面。为了达到能量的平衡，人体每天摄入的能量应能满足这三个方面的需

要，这样才能有健康的体质和良好的工作状态。

## 一、基础代谢

基础代谢(basal metabolism, BM)是指人体在安静和恒温条件下(一般 18~25℃)，禁食 12 小时后，静卧、放松而又清醒时的能量消耗(The energy needed to maintain life when a body is at complete rest after a 12-hour fast)。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。

为了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, 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(或每公斤体重)的能量消耗。

### (一) 每天基础代谢的能量消耗计算

1. 用体表面积进行计算 我国赵松山于 1984 年提出一个相对适合中国人的体表面积计算公式：

体表面积(m<sup>2</sup>)=0.006 59×身高(cm)+0.012 6×体重(kg)-0.160 3

根据这个公式先计算体表面积，再按年龄、性别，在表 1-1 中查出相应的 BMR，就可计算出 24 小时的基础代谢水平。人在熟睡时，热能消耗比基础代谢约减少 10%，所以计算时，应扣除睡眠时少消耗的这部分热能。

表 1-1 人体基础代谢率

年龄(岁)	男		女		年龄(岁)	男		女	
	kJ/m <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>	kJ/m <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>		kJ/m <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>	kJ/m <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>
1	221.8	53.0	221.8	53.0	30	154.0	36.8	146.9	35.1
3	214.6	51.3	214.2	51.2	35	152.7	36.5	146.4	35.0
5	206.3	49.3	202.5	48.4	40	151.9	36.3	146.0	34.9
7	197.7	47.3	200.0	45.4	45	151.5	36.2	144.3	34.5
9	189.9	45.2	179.1	42.8	50	149.8	35.8	139.7	33.9
11	179.9	43.0	175.7	42.0	55	148.1	35.4	139.3	33.3
13	177.0	42.3	168.6	40.3	60	146.0	34.9	136.8	32.7
15	174.9	41.8	158.8	37.9	65	143.9	34.4	134.7	32.2
17	170.7	40.8	151.9	36.3	70	141.4	33.8	132.6	31.7
19	164.0	39.2	148.5	35.5	75	138.9	33.2	131.0	31.3
20	161.5	38.6	147.7	35.3	80	138.1	33.0	129.3	30.9
25	156.9	37.5	147.3	35.2					

注：引自《营养与食品卫生学》，第3版，第21页

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

男 BEE(kcal)=66+13.7×体重(kg)+5.0×身高(cm)-6.8×年龄(y)

女 BEE(kcal)=655+9.5×体重(kg)+1.8×身高(cm)-4.7×年龄(y)

更为简单的方法是, 成人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, 结果相对粗略。

**3. WHO 建议的计算方法** WHO 于 1985 年推荐使用 Schofield 公式(表 1-2), 计算一天的基础代谢能量消耗。

表 1-2 WHO 建议的计算基础代谢公式

年龄(y)	公式(男)(kcal)	公式(女)(kcal)
0~3	(60.9×w)-54	(61.0×w)-51
3~10	(22.7×w)+495	(22.5×w)+499
10~18	(17.5×w)+651	(12.2×w)+746
18~30	(15.3×w)+679	(14.7×w)+496
30~60	(11.6×w)+879	(8.7×w)+829
>60	(13.5×w)+487	(10.5×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, 我国儿童和青少年的基础代谢参考值按上表公式计算, 18 岁以上人群的基础代谢, 按公式计算的结果减去 5%。

## (二) 影响人体基础代谢的因素

人体的基础代谢不仅个体之间存在差异, 自身的基础代谢也常有变化。其影响因素主要有下面几个方面。

(1) 体格的影响: 体表面积大者, 散发热能也多, 所以同等体重者, 瘦高者基础代谢高于矮胖者。人体瘦体组织消耗的热能占基础代谢的 70%~80%, 这些组织(和器官)包括肌肉、心、脑、肝、肾等, 所以瘦体质量(lean body mass)大, 肌肉发达者, 基础代谢水平高。这也是男性的基础代谢水平高于女性 5%~10%的原因。人与人之间基础代谢水平的个体差异, 遗传因素是关键的影响因素之一。

(2) 不同生理、病理状况的影响: 儿童和孕妇的基础代谢相对较高。成年后, 随年龄增长, 基础代谢水平不断下降, 30 岁以后, 每 10 年降低约 2%, 60 岁以后下降更多。但如注意加强体育锻炼, 这种降低相对缓慢得多。生病发热时、甲状腺等有关激素水平

异常时, 也能改变基础代谢的热能消耗。

(3) 环境条件的影响: 炎热或寒冷、过多摄食、精神紧张时都可以使基础代谢水平升高。也有人把这一部分的能量消耗称为适应性生热作用(adaptive thermogenesis)。另外, 在禁食、饥饿或少食时, 基础代谢水平也相应降低。

(4) 尼古丁和咖啡因可以刺激基础代谢水平升高。

(5) 疾病也可以改变基础代谢水平。如创伤、感染的患者等, 其基础代谢水平增高。

## 二、体力活动

人除了睡眠外, 总是要进行各种体力活动或劳动。通常情况下, 由各种体力活动所消耗的能量约占人体总能量消耗的 15%~30%, 但随着人体活动量的增加, 其能量消耗也将大幅度增加。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多少与三个因素有关: ①肌肉越发达者, 活动时消耗能量越多。②体重越重者, 做相同的运动所消耗的能量也越多。③活动时间越长、强度越大、消耗能量越多。

中国营养学会 2001 年将我国居民活动强度由五级调整为三级: 即轻、中、重体力活动。2013 年中国营养学会制定的 DRIs 中成人不同体力活动水平的体力活动水平系数(physical activity level, PAL)如表 1-3, 成人能量的推荐摄入量用 BMR 乘以不同的 PAL 进行计算(表 1-3)。

表 1-3 中国营养学会建议的我国成人活动水平分级

活动水平	职业工作时间分配	工作内容举例	PAL
轻	75%时间坐或站立	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	1.50
	25%时间站着活动		
中	25%时间坐或站立	学生日常活动、机动车 驾驶、电工安装、车床 操作、金工切割等	1.75
	75%时间特殊职业 活动		
重	40%时间坐或站立	非机械化农业劳动、炼 钢、舞蹈、体育运动、 装卸、采矿等	2.00
	60%时间特殊职业 活动		

## 三、食物热效应

食物热效应(thermic effect of food, TEF)即食物特殊动力作用(specific dynamic action, SDA)。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热量。这种因摄食而引起的能量的额外消

耗称食物热效应。The amount of extra energy used by body during digestion, absorption, metabolism, and storage of energy-yielding nutrients. This acceleration of activity produces heat is known as the thermic effect of food.

不同的产能营养素其食物热效应不等。脂肪的食物热效应约消耗本身产生能量的4%~5%，碳水化合物为5%~6%，而蛋白质特别高，可达30%。这种差异主要是因为：①各营养素消化吸收后转变成ATP贮存的量不一样，蛋白质为32%~34%，低于脂肪和碳水化合物的38%~40%，而其余的则变成热量。②由食物脂肪经消化吸收后，变成脂肪组织的脂肪，其消耗的能量要低于由消化吸收的葡萄糖转变成糖原或脂肪。而由食物蛋白质中的氨基酸合成人体蛋白质，或代谢转化为脂肪，其消耗的能量更多。由此可见，食物热效应与食物营养成分、进食量和进食频率有关。混合性食物其食物热效应占其总热能的10%；吃得越多，能量消耗也越多；进食快比进食慢者食物热效应高，进食快时，其中枢神经系统更活跃，激素和酶的分泌速度快、量更多，吸收和贮存的速率更高，其能量消耗也相对更多。

## 第二节 人体一日能量需要的确定及供给

确定各类人群或每个人的能量需要量，对于指导人们改善自身的膳食结构、膳食规律、维持能量平衡、提高健康水平是非常重要的，也是营养学工作和研究中经常进行的工作。现主要介绍计算法，这是一种简便、易行但相对粗糙的方法，对于确定个体或群体的能量需要均可行，且被广为使用。

### 一、计算能量消耗确定能量需要

要做到能量平衡，就是要保证能量的供给和消耗要平衡。人体能量消耗包括基础代谢、体力活动和食物热效应三方面，因此详细地记录一天的各项活动，或根据工作性质确定其活动强度，就可以按前面的方法计算出一天的能量消耗量，即能量的需要量。

### 二、膳食调查

健康的人，在食物供应充足、体重不发生明显变

化时，其能量摄入量基本上可反映出其能量需要量。因此要详细记录一段时间摄入食物的种类和数量，计算出平均每日食物总的能量含量，就可以认为是其能量的一日需要量。不过这种膳食调查一般至少进行5~7天，如确定一类人群的能量需要，还应注意调查对象应有一定的数量才相对地可信、可靠。

能量平衡与否，与健康的关系极大。由于饥饿或疾病等原因，造成能量摄入不足，可造成体力下降、工作效率低下。而能量摄入不足造成太少的脂肪贮存，身体对环境的适应能力和抗病能力也因此而下降。体重太低的女性，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。另一方面，过多的能量摄入，已对西方国家居民造成严重的健康问题：肥胖、高血压、心脏病、糖尿病和某些癌症发病率明显高于其他国家，已严重地危害着人们的健康；我国近些年来也有类似的危险趋势。

因此，各个国家都有相应的能量的供给量的推荐值，包括三大产能营养素合理的摄入比。中国营养学会在最新制订的中国居民膳食营养素参考摄入量(Chinese DRIs)中，不仅对各年龄组人群的能量摄入有具体的推荐量，而且也根据不同的活动强度，按轻体力劳动、中等体力劳动、重体力劳动及现状对推荐能量摄入量作了合理的调整。

#### 限食与健康

所谓限食，是指提供的能量在实际需要量以下，但蛋白质、必需脂肪酸、微量营养素等必需营养素供给充足的膳食。1915年，Osborne首次报道限制营养素摄入可延长大鼠的寿命，20年后，美国康奈尔大学营养学家McCay CM等发现小鼠限食能显著地延长寿命。此后的几十年，科学家对限食的生物学效应及其机制进行了系统而深入的研究，普遍认为：限食可延长寿命、延缓衰老，并能提高机体免疫力、减少外来化合物的毒性和致癌性、降低增生性及退行性疾病(包括癌症)的发生率。我们在几年的研究中，也发现限食可提高动物的学习记忆能力、某些耐受力 and 抗氧化能力等。我们的祖先也早就发现，少食有利于健康。这是一个具有挑战性的课题，其研究和应用还需继续深入地研究。

(孙秀发)

## 第2章 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,可见蛋白质是人体最重要的营养素之一。

正常成人体内,约16%~19%是蛋白质。人体内的蛋白质始终处于不断地分解与合成的动态平衡之中,借此可达到组织蛋白不断地更新和修复的目的。肠道和骨髓内的蛋白质更新速度较快。但总体来说,成人体内每天约有3%的蛋白质被更新。

### 第一节 蛋白质的功能

#### 一、人体组织的构成成分

人体的任何组织和器官,都以蛋白质作为重要的组成成分,所以人体在生长过程中,就包含着蛋白质的不断地增加。人体的瘦组织(lean tissue)中,如肌肉、心、肝、肾等器官含大量蛋白质;骨骼和牙齿中含有大量的胶原蛋白,指甲、趾甲中含有角蛋白;细胞中从细胞膜到细胞内的各种结构中均含有蛋白质。总之,蛋白质是人体不能缺少的构成成分。

#### 二、机体各种重要的生理活性物质的构成成分

酶能催化体内一切物质的分解和合成;激素调节着各种生理过程并维持着内环境的稳定;抗体可以抵御外来微生物及其他有害物质的入侵;细胞膜和血液中的蛋白质担负着各类物质的运输和交换;体液内那些可溶性且可离解为阴、阳离子的蛋白质,使体液的渗透压和酸碱度得以稳定;此外血液的凝固、视觉的形成、人体的运动等,无一不与蛋白质有关。所以蛋白质是生命的物质基础,是生命存在的一种形式。

#### 三、供给能量

由于蛋白质中含碳、氢、氧元素,当机体需要时,可以被代谢分解,释放出能量。1克食物蛋白质在体内约产生16.7kJ(4.0kcal)的热能。

#### 四、肽、氨基酸特有的功能

近些年的研究,使我们对蛋白质的生理功能的认

识进入了一个新的阶段:那就是人类已开始从蛋白质、肽和氨基酸三个不同层次认识蛋白质的生理功能。这些特有的生理功能,无论在产品开发,还是在临床及保健方面的研究和应用,都引起了一定的关注。

作为蛋白质的次级水解产物——肽,无论是由体外供给,还是体内产生,都有其特有的生理功能,主要包括:参与机体的免疫调节、促进矿物质吸收、清除自由基、调节血压、调节血脂和抗菌等。具有这些功能的肽被称为“功能肽”或“生物活性肽”。现研发的比较多的功能肽有大豆多肽、玉米肽、苦瓜肽等植物来源肽以及海洋生物多肽、白蛋白多肽、脑肽等动物来源肽。但是,功能肽现阶段主要是用于保健食品的开发,临床上的应用并不广泛。某些二肽如谷氨酰胺二肽可用于临床营养的制剂中增强机体的免疫功能。

作为蛋白质的最终代谢产物,氨基酸除了可以促进蛋白质合成外,临床上也表现出的各种特有的功能,在临床营养的应用上日益受到重视。如谷氨酰胺和精氨酸是公认的免疫营养制剂,用于烧伤、创伤、肿瘤以及其他危重疾病的营养支持治疗,可增强患者的免疫功能、促进胃肠黏膜增值和免疫,降低并发症和病死率。支链氨基酸包括亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸,用于肝脏疾病的营养支持,对于改善氨基酸代谢、预防肝性脑病发挥了重要作用。氨基酸制剂也从早期的水解蛋白质发展到结晶氨基酸,以及配比合理的平衡氨基酸制剂,针对不同的需求,为临床营养支持提供了多种选择。如富含支链氨基酸的肝病用氨基酸制剂,富含必需氨基酸的肾病用氨基酸制剂,富含酪氨酸、胱氨酸和牛磺酸的婴幼儿用氨基酸制剂等。随着营养科学的发展和各种氨基酸新功能的发现,氨基酸制剂在临床营养支持中将发挥越来越重要的作用。

### 第二节 氨基酸和必需氨基酸

#### 一、氨基酸和肽

蛋白质是由许多氨基酸(amino acid)以肽键连接在一起,并形成一定的空间结构的大分子。由于其氨基酸的种类、数量、排列次序和空间结构的千差万别,

就构成了无数种功能各异的蛋白质,也才有了丰富多彩的奥妙无穷的生物世界。构成人体蛋白质的氨基酸有 20 种(不包括胱氨酸, cystine)。蛋白质被分解时的次级结构称肽(peptide), 含 10 个以上氨基酸的肽称多肽(polypeptide), 含 10 个以下氨基酸称寡肽(oligopeptide), 含 3 个或 2 个氨基酸分别称 3 肽(tripeptide)和 2 肽(dipeptide)。

## 二、必需氨基酸

必需氨基酸(essential amino acid)是指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的氨基酸。The essential amino acids are that the body cannot synthesize in amount sufficient to meet physiological needs.构成人体蛋白质的氨基酸有 20 种,其中 9 种氨基酸为必需氨基酸,它们是异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸和组氨酸。半胱氨酸和酪氨酸在体内分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成,如果膳食中能直接提供这两种氨基酸,则人体对蛋氨酸和苯丙氨酸的需要可分别减少 30%和 50%。所以半胱氨酸和酪氨酸这类可减少人体对某些必需氨基酸需要量的氨基酸,称为条件必需氨基酸(conditionally essential amino acid),或半必需氨基酸(semiessential amino acid)。在计算食物必需氨基酸组成时,往往将半胱氨酸和蛋氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸合并计算。其余 9 种氨基酸,人体自身可以合成以满足机体需要,故称非必需氨基酸(nonessential amino acid)。

组氨酸是婴儿的必需氨基酸,但世界粮农组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)在 1985 年首次列出了成人组氨酸的需要量为 8~12mg/(kg·d)。同时许多报道证实组氨酸是成人体内必需氨基酸,但由于人体组氨酸在肌肉和血红蛋白中贮存量很大,而人体对其

需要量又相对较少,对直接证实成人体内有无合成组氨酸能力的研究带来很大困难,故尚难确定组氨酸是否为成人体的必需氨基酸。

## 三、氨基酸模式和限制氨基酸

人体蛋白质以及各种食物蛋白质,在必需氨基酸的种类和含量上存在着差异,在营养学上用氨基酸模式(amino acid pattern)来反映这种差异。所谓氨基酸模式,就是蛋白质中各种必需氨基酸的构成比例。其计算方法是将该种蛋白质中的色氨酸含量(作分母)定为 1,分别计算出其他必需氨基酸的相应比值,这一系列的比值就是该种蛋白质氨基酸模式(表 2-1)。当食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近时,必需氨基酸被机体利用的程度就越高,食物蛋白质的营养价值也相对越高,如动物性蛋白质中蛋、奶、肉、鱼等以及大豆蛋白,因此被称为优质蛋白质。其中鸡蛋蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式最接近,在实验中常以它作为参考蛋白(reference protein)。参考蛋白是指可用来测定其他蛋白质质量的标准蛋白。反之,食物蛋白质中一种或几种必需氨基酸相对含量较低,导致其他的必需氨基酸在体内不能被充分利用而浪费,造成其蛋白质营养价值降低,这些含量相对较低的必需氨基酸称限制氨基酸(limiting amino acid)。The essential amino acid found in the shortest supply relative to the amount needed for protein synthesis in the body.其中含量最低的称第一限制氨基酸,余者以此类推。植物性蛋白往往相对缺少下列必需氨基酸:赖氨酸、蛋氨酸、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中赖氨酸含量最少。为了提高植物性蛋白质的营养价值,往往将两种或两种以上的食物混合食用,而达到以多补少的目的,提高膳食蛋白质的营养价值。这种

表 2-1 几种中国食物和人体蛋白质氨基酸模式

氨基酸	人体	全鸡蛋	鸡蛋白	牛奶	猪瘦肉	牛肉	大豆	面粉	大米
异亮氨酸	4.0	2.5	3.3	3.0	3.4	3.2	3.0	2.3	2.5
亮氨酸	7.0	4.0	5.6	6.4	6.3	5.6	5.1	4.4	5.1
赖氨酸	5.5	3.1	4.3	5.4	5.7	5.8	4.4	1.5	2.3
蛋氨酸+半胱氨酸	3.5	2.3	3.9	2.4	2.5	2.8	1.7	2.7	2.4
苯丙氨酸+酪氨酸	6.0	3.6	6.3	6.1	6.0	4.9	6.4	5.1	5.8
苏氨酸	4.0	2.1	2.7	2.7	3.5	3.0	2.7	1.8	2.3
缬氨酸	5.0	2.5	4.0	3.5	3.9	3.2	3.5	2.7	3.4
色氨酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

注:根据《食物成分表》(王光亚主编,人民卫生出版社,1991年)计算。大豆、全鸡蛋(红皮)来自上海;鸡蛋白来自河北;牛奶产自甘肃;猪瘦肉、牛肉(里脊)、小麦标准粉来自北京;大米为浙江早籼标二米

不同食物间相互补充其必需氨基酸不足的作用叫蛋白质互补作用(complementary action)。Two or more proteins whose amino acids assortments complement each other in such a way that the essential amino acids missing from one are supplied by the other.如肉类和大豆蛋白可弥补米面蛋白质中赖氨酸的不足。

### 第三节 蛋白质的消化、吸收和代谢

膳食中的蛋白质消化从胃开始。胃中的胃酸先使蛋白质变性，破坏其空间结构以利于酶发挥作用。同时，胃酸可激活胃蛋白酶分解蛋白质。不过蛋白质消化吸收的主要场所在小肠。由胰腺分泌的胰蛋白酶(trypsin)和糜蛋白酶(chymotrypsin)，使蛋白质在小肠中被分解为氨基酸和部分2肽和3肽，再被小肠黏膜细胞吸收。在小肠黏膜的刷状缘中的肽酶作用下，进入黏膜细胞中的2肽、3肽进一步分解为氨基酸单体。被吸收的这些氨基酸通过黏膜细胞进入肝门静脉而被运送到肝脏和其他组织或器官被利用。现已证明，少数蛋白质大分子和多肽可被直接吸收。

氨基酸通过小肠黏膜细胞是由三种主动运输系统来进行的，它们分别转运中性、酸性和碱性氨基酸。具有相似结构的氨基酸在共同使用同一种转运系统时，相互间具有竞争机制，这种竞争的结果，使含量高的氨基酸相应地被吸收多一些，从而保证了肠道能按食物中氨基酸的含量比例进行吸收。如果，在膳食中过多地加入某一种氨基酸，由于这种竞争作用会造成同类型的其他氨基酸吸收减少。如亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸有共同的转运系统，若过多地向食物中加入亮氨酸，异亮氨酸和缬氨酸吸收就会减少，从而造成食物蛋白质的营养价值的下降。

肠道中被消化吸收的蛋白质，不仅仅来自于食物，也有来自于肠道黏膜细胞的脱落和消化液等，每天约有70g左右，其中大部分可被消化和重吸收，未被吸收的由粪便排出体外，这种蛋白质称内源性氮，或粪代谢氮。

存在于人体各组织、器官和体液中的游离氨基酸统称为氨基酸池(amino acid pool)。氨基酸池中的游离氨基酸除了来自于食物外，大部分来自于体内蛋白质的分解产物。这些氨基酸少数用于合成体内含氮化合物，主要被用来重新合成人体蛋白质，以达到机体蛋白质的不断更新和修复。未被利用的氨基酸，则经代谢转变成尿素、氨、尿酸和肌酐等，由尿排出体外，

或转化为糖原和脂肪。所以，由尿排出的氮，也包括食物氮和内源性氮。

机体每天由于皮肤、毛发和黏膜的脱落，妇女月经期的失血等，以及肠道菌体死亡排出，损失约20g以上的蛋白质，这种氮排出是机体不可避免的氮消耗，称为必要的氮损失(obligatory nitrogen losses)。当膳食中的碳水化合物和脂肪不能满足机体能量需要时，或蛋白质摄入过多时，蛋白质才分别被用来作为能源或转化为碳水化合物和脂肪。

因此，营养学把反应机体摄入氮和排出氮的代谢关系称氮平衡(nitrogen balance)。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。

当摄入氮和排出氮相等时，为零氮平衡(zero nitrogen balance)，健康的成人应维持在零平衡并富裕5%。如摄入氮多于排出氮，则为正氮平衡(positive nitrogen balance)，儿童处于生长发育阶段，妇女怀孕时，疾病恢复时以及运动和劳动需要增加肌肉时等，应保证适当的正氮平衡，满足机体对蛋白质额外的需要。而摄入氮少于排出氮时，为负氮平衡(negative nitrogen balance)，人在饥饿、疾病及老年时等，一般处于这种状况，所以应注意尽可能减轻或改变这种情况。

### 第四节 食物蛋白质营养学评价

评价食品蛋白质的营养价值，对于食品品质的鉴定，新的食品资源的研究和开发，指导人群膳食等诸多方面，都是十分必要的。各种食物，其蛋白质的含量、氨基酸模式等都不一样，人体对不同的蛋白质的消化、吸收和利用程度也存在差异，所以营养学上，主要从食物蛋白质的含量、被消化吸收的程度和被人体利用程度三方面，全面地评价食品蛋白质的营养价值。

#### 一、蛋白质的含量

虽然蛋白质的含量不等于质量，但是没有一定数量，再好的蛋白质其营养价值也有限，所以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一般使用微量凯氏(Kjeldahl)定氮法，测定食物中的氮含量，再乘以由氮换算成蛋白质的换算系数，就可得到食物蛋白质的含量。换算系数对同种食物来说，一般是不变的。换算系数是根据氮占蛋白质的百分比而计算出来的。一般来说，食物中含氮量占蛋白



质的16%，其倒数即为6.25，由氮计算蛋白质的换算系数即是6.25。

## 二、蛋白质消化率

蛋白质消化率(digestibility)，不仅反映了蛋白质在消化道内被分解的程度，同时还反映消化后的氨基酸和肽被吸收的程度。由于蛋白质在食物中存在形式、结构各不相同，食物中含有不利于蛋白质吸收的其他因素的影响等，不同的食物，或同一种食物的不同加工方式，其蛋白质的消化率都有差异。如动物性食品中的蛋白质消化率一般高于植物性食品(表2-2)。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。这主要是因为加工后的制品中，去除了大豆中的纤维素和其他不利于蛋白质消化吸收的影响因素。

表2-2 几种食物蛋白质消化率(%)

食物	真消化率	食物	真消化率
鸡蛋	97±3	燕麦	86±7
牛奶	95±3	小米	79
肉、鱼	94±3	大豆粉	87±7
玉米	85±6	菜豆	78
大米	88±4	花生酱	88
面粉(精制)	96±4	中国混合膳	96

注：摘自 WHO Technical Report Series 724，第119页，1985年

蛋白质消化率的测定，无论以人或动物为实验对象，都必须检测实验期内摄入的食物氮、排出体外的粪氮和粪代谢氮，再用下列公式计算。粪代谢氮，是在实验对象完全不摄入蛋白质时，粪中的含氮量。成人24小时内粪代谢氮一般为0.9~1.2g。

$$\text{蛋白质真消化率(\%)} = \frac{\text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})}{\text{食物氮}} \times 100$$

上式计算结果，是食物蛋白质的真消化率(true digestibility)。在实际应用中，往往不考虑粪代谢氮。这样不仅实验方法简便，而且因所测得的结果比真消化率要低，具有一定安全性。这种消化率，叫做表观消化率(apparent digestibility)。

## 三、蛋白质利用率

衡量蛋白质利用率的指标有很多，各指标分别从不同角度反映蛋白质被利用的程度。下面介绍几种常用的指标。

### (一)生物价

蛋白质生物价(biological value, BV)是反映食物蛋白质消化吸收后，被机体利用程度的指标。The amount of protein nitrogen that is retained for growth and maintenance, expressed as a percentage of the protein nitrogen that has been digested and absorbed. 用被机体利用的蛋白质量与消化吸收的食物蛋白质量的比值的100倍表示。生物价越高，表明其被机体利用程度越高，最大值为100。计算公式如下：

$$\text{生物价} = \frac{\text{储留氮}}{\text{吸收氮}} \times 100$$

吸收氮=食物氮-(粪氮-粪代谢氮)

储留氮=吸收氮-(尿氮-尿内源性氮)

尿氮和尿内源性氮的检测原理和方法与粪氮、粪代谢氮一样。生物价对指导肝、肾患者的膳食很有意义。生物价高，表明食物蛋白质中氨基酸主要用来合成人体蛋白，极少有过多的氨基酸经肝、肾代谢而释放能量或由尿排出多余的氮，从而大大减少肝肾的负担。

### (二)蛋白质净利用率

蛋白质净利用率(net protein utilization, NPU)是反映食物中蛋白质被利用的程度，即机体利用的蛋白质占食物中蛋白质的百分比。The amount of protein nitrogen that is retained from a given amount of protein nitrogen eaten is used to determine the amino acid composition and digestibility of a test protein.它包含了食物蛋白质的消化和利用两个方面，因此更为全面。

$$\text{蛋白质净利用率} = \text{消化率} \times \text{生物价} = \frac{\text{储留氮}}{\text{食物氮}} \times 100\%$$

### (三)蛋白质功效比值

蛋白质功效比值(protein efficiency ratio, PER)，是用处于生长阶段中的幼年动物(一般用刚断奶的雄性大白鼠)，在实验期内，其体重增加和摄入蛋白质的量的比值来反映蛋白质的营养价值的指标。A measure of protein quality assessed by determining how well a given protein supports weight gain in growing rats to establish the protein quality for infant formulas and baby foods. 由于所测蛋白质主要被用来提供生长之需要，所以该指标被广泛用来作为婴幼儿食品中