

美国《食物与营养百科全书》选辑 (4)

营 养 素



A. H. 恩斯明格
M. E. 恩斯明格
J. E. 康 宁 德
J. R. K. 罗布森

著

美国《食物和营养百科全书》选辑(4)

营 养 素

〔美〕 A. H. 恩斯明格
M. E. 恩斯明格
J. E. 康 兰 德
J.R.K. 罗 布 森 著

农 业 出 版 社

目 录

常量营养素.....	1	脯氨酸.....	36
微量营养素.....	1	丝氨酸.....	36
蛋白质.....	1	组氨酸.....	36
完全蛋白质.....	29	瓜氨酸.....	36
部分完全蛋白质.....	29	脂肪和其它脂类.....	36
不完全蛋白质.....	29	必需脂肪酸.....	56
参考蛋白质.....	29	不饱和脂肪酸.....	56
白蛋白.....	30	多不饱和脂肪酸.....	56
α -脂蛋白.....	30	胆固醇.....	56
β -脂蛋白.....	30	碳水化合物.....	58
蛋白质质量.....	30	有效碳水化合物.....	69
蛋白质生理价值.....	30	无效碳水化合物.....	69
蛋白质利用率.....	30	纤维.....	69
氨基酸.....	30	维生素.....	73
生酮氨基酸.....	33	同效维生素.....	99
氨基酸拮抗作用.....	33	维生素拮抗肌.....	99
氨基酸参比模式.....	33	维生素补充剂.....	99
氨基酸不平衡.....	33	脂溶性维生素.....	99
限制性氨基酸.....	33	维生素A.....	99
必需氨基酸.....	33	胡萝卜素.....	107
赖氨酸.....	33	维生素D.....	107
色氨酸.....	35	维生素D ₃	114
苯丙氨酸.....	35	维生素E (生育酚).....	114
缬氨酸.....	35	维生素K.....	118
亮氨酸.....	35	水溶性维生素.....	123
异亮氨酸.....	35	复合维生素B.....	123
苏氨酸.....	35	硫胺素 (维生素B ₁).....	124
蛋氨酸.....	35	核黄素 (维生素B ₂).....	130
半必需氨基酸.....	35	泛酸 (维生素B ₃).....	134
非必需氨基酸.....	36	抗白发维生素.....	138
酪氨酸.....	36	维生素B ₆ (吡哆醇, 吡哆醛, 吡哆胺).....	138
胱氨酸.....	36	维生素B ₁₂ (钴胺素).....	143
精氨酸.....	36	维生素C (抗坏血酸, 脱氢抗坏血酸).....	148
丙氨酸.....	36	生物素.....	156
天冬氨酸.....	36	胆碱.....	159
半胱氨酸.....	36	叶精 (叶酸).....	161
谷氨酸.....	36		
甘氨酸.....	36		
羟脯氨酸.....	36		

烟酸 (尼克酸, 烟酰胺)	166	铜 (Cu)	232
[类维生素物质]		氟或氟化物 (F)	234
生物类黄酮 (维生素 P)	170	铁 (Fe)	236
维生素 P	173	汞 (Hg)	240
肉毒碱 (维生素 B _T)	173	碘 (I)	240
维生素 B _T	174	蛋白结合碘	243
辅酶 Q (泛醌)	174	钾 (K)	243
肌醇	175	镁 (Mg)	246
苦杏仁苷 (维生素 B ₁₇ , 氮川贰)	176	锰 (Mn)	248
硫辛酸	177	钼 (Mo)	250
对氨基苯甲酸	178	氮 (N)	251
潘氨酸	179	钠 (Na)	251
维生素 B ₁₅	181	镍 (Ni)	253
维生素 B ₁₃ (乳清酸)	181	磷 (P)	255
[其它]		铅 (Pb)	260
维生素 F	182	镭 (Ra)	260
维生素 L	182	硫 (S)	260
矿物质	182	硒 (Se)	261
常量矿物质	214	硅 (Si)	269
微量元素	214	锡 (Sn)	270
铝 (Al)	214	锶 (Sr)	270
砷 (As)	214	钒 (V)	270
硼 (B)	214	锌 (Zn)	270
钙 (Ca)	214	食盐	272
镉 (Cd)	224	水	274
氯或氯化物 (Cl)	224	Index of Articles	279
钴 (Co)	225	内容索引	281
铬 (Cr)	226		

常量营养素 (macronutrients) 存在于体内且其每日需要量在十分之几克至一克以上的营养素称为常量营养素, 包括脂肪、水、蛋白质、钙、磷、钠、氯、镁、钾和硫。(参见矿物质)

微量营养素 (micronutrients) 身体只需要微量的营养素, 其范围从百万分之几克 (微克) 到千分之几克 (毫克)。例如维生素B₁₂、泛酸、铬、钴、铜、氟、碘、铁、锰、钼、硒、硅和锌。不能因为它们的量微小而低估其对人体营养的重要性, 已知有多种是绝对必需的。(参见矿物质, 微量元素和维生素)

蛋白质 (Protein)

目录

历史.....	1
合成.....	2
分类.....	4
消化, 吸收和代谢.....	4
功能.....	5
需要摄取量.....	6
蛋白质.....	6
氨基酸.....	8
来源.....	9
数量和质量.....	9
互补蛋白质.....	11
影响氨基酸利用的因素.....	12
蛋白质营养不良.....	13
世界的蛋白质.....	14
选择的食物中的蛋白质和氨基酸.....	29

化学上, 蛋白质是复杂的有机化合物, 它的主要成分是氨基酸。每种蛋白质都含有特种和固定数目的氨基酸, 并按着特定的顺序连结。因为氨基酸总是含有碳、氢、氧和氮, 所以蛋白质也是如此。再者, 氮的存在为化学测定组织、食品、或其它一些物质中蛋白质含量提供了一种手段。因为所有蛋白质氮含量的平均值大约为16% ($100 \div 16 = 6.25$), 所以通常用测得的氮含量乘6.25即为粗蛋白质含量。另外, 蛋白质还经常含有硫和磷。作为每个活细胞有活动力的原生质的成分, 蛋白质是所有植物和动物生命所必需的。

在植物中, 蛋白质大多集中在生长旺盛的部分, 特别是叶和种子。植物还有利用太阳能把土壤和空气中比较简单的化合物如二氧化碳、水、氮和硫合成自身蛋白质的能力。因此, 植物和一些能够合成这些产物的细菌是所有蛋白质的最初来源。

在动物体内, 蛋白质分布比植物广泛得多, 因此

机体蛋白质是很多结构和防护组织如骨骼、韧带、头发、指甲、皮肤和软组织 (包括器官和肌肉) 的主要成分。动物体总蛋白质含量范围从肥型成畜的10%到瘦型幼畜的20%。通过进一步对比, 有趣地注意到除了细菌在反刍动物 (牛、羊和山羊) 的瘤胃中作用外, 动物, 包括人类都缺乏植物那种从简单物质自身合成蛋白质的能力, 必须依靠植物和其它动物体作为饮食蛋白质来源。因此, 人类在饮食中必须含有一定的氨基酸或更多的完全蛋白质混合物。

各种年龄和一切种类的动物都需要足够量的和品质适宜的蛋白质。生长、繁殖和哺乳期间, 对蛋白质的需要量最大, 并且最紧迫。

在饮食中对于蛋白质的需要, 实际上就是对氨基酸的需要。食品中的蛋白质通过消化分解为氨基酸, 然后它们被吸收且通过血液分布到机体细胞中, 机体细胞利用这些氨基酸重新建造机体蛋白质。

各种不同的氨基酸有秩序地连结在一起形成肽和蛋白质。一个氨基酸的氨基同另一个氨基酸的羧基结合形成一个肽键, 当几个这样的肽连结在一起时, 就形成一个多肽分子。多肽链一般含有50~1 000个氨基酸。

历史 很久以前, 人们将他们的食物大致分为两类: 动物性食物和植物性食物。人们大概还注意到这两类食物分解情况不同。动物性食物易腐败, 而植物性食物易发酵。直到1742年 I. B. Beccari 才认识到植物性食物和动物性食物含有一些相同的物质。直至1838年当荷兰化学家马尔德 (G. J. Mulder) 对植物和动物中发现的一组复合有机化合物应用“蛋白质”这个名字时, 食物中的这部分物质才被承认是独特的分子。由于认识到蛋白质对有生命物质的结构和功能的重要性, 所以把它用希腊字 Proteios 命名, 意思是“头等质量”。

1772年苏格兰的拉瑟福德 (D. Rutherford) 和英格兰的普里斯特曼 (J. Priestley) 发现了化学元素氮, 但是这个时候氮对于植物和动物食物的重要性尚未被重视。以后, 科学家们发现蛋白质含有氮。德国科学家李比希 (J. Von Liebig) 于1841年发表了分析蛋白质的文章。李比希认为, 在氮含量基础上能够确定不同食物的蛋白质价值。此后于1881年 Johan Kjeldahl 在他研究谷粒在萌芽和发酵期间蛋白质含量变化时, 发现由于缺少一个准确测定氮的方法而影响了他的进展。Kjeldahl 全力发明一个测定氮进而测定蛋白质含量的分析方法。Kjeldahl 方法至今仍被常规应用。

随后蛋白质的成分——氨基酸也被发现。1902年, 费希尔 (E. Fischer) 测定了建造蛋白质的氨基酸的化学结构。并且他还测定了化学键——肽键 (把氨基酸结合在一起的键) 的性质。

李比希的学生沃伊特(C. Von Voit)首先制定了蛋白质摄入量,1881年他建议每日需要118克蛋白质。1902年,沃伊特的一个学生,美国人阿特沃特(W. O. Atwater)推荐每日为125克。然而,1904年耶鲁大学的奇坦登(R. H. Chittenden)推荐每日仅需44~53克蛋白质。1909~1921年奥斯本(T. B. Osborne)和门德尔(L. B. Mendel)在大白鼠身上做了很多试验包括蛋白质质量和数量方面。1935~1955年罗斯(W. C. Rose)在人体上进行了试验,测定了对每种氨基酸的需要量。

蛋白质的进一步研究,揭示了科学家们对于人体中蛋白质功能方面的认识。大约在1927年,萨默(J. B. Sumner)证明了酶是一种蛋白质。然后在50年代期间,当桑格(F. Sanger)描述蛋白质激素——胰岛素的实际氨基酸顺序时,获得了一个重大的发现。其它研究表明了DNA(脱氧核糖核酸)、RNA(核糖核酸)和蛋白质之间的相互关系。1953年,克里克(F. Crick)和沃森(J. Watson)描述了DNA分子的结构。科学家们逐渐阐明了细胞如何建造具有特定氨基酸顺序的特殊蛋白质。

合成 蛋白质的基本结构

成分是氨基酸。很多氨基酸在人体内能够被合成,这些氨基酸称为非基本氨基酸或非必需氨基酸。如果人体不能合成足够数量的某种氨基酸以完成生理功能,则必须由饮食提供,这类氨基酸为基本氨基酸,又称必需氨基酸。需由饮食提供全部必需氨基酸的说法,实际上并不完全正确。更确切地说,除了赖氨酸和蛋氨酸外,是为了形成必需氨基酸的碳架需要。

根据现有的知识,对人来说下面所叙必需和非必需氨基酸的分类似乎是恰当的。

必需氨基酸

(必要的氨基酸)

组氨酸

异亮氨酸

非必需氨基酸

(不必要的氨基酸)

丙氨酸

精氨酸

必需氨基酸

亮氨酸

赖氨酸

蛋氨酸(一些用于半胱氨酸的合成)

苯丙氨酸(一些用于酪氨酸的合成)

非必需氨基酸

天门冬酰胺

天门冬氨酸

半胱氨酸

胱氨酸

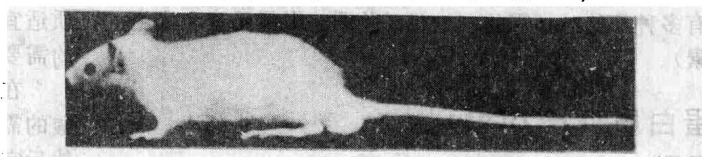
谷氨酸

谷氨酰胺

蛋白质为生长所需
同胎三只大白鼠,11周龄



喂给此大白鼠优质蛋白质的食物,但数量不足,体重仅70克。



喂给此大白鼠含大量蛋白质的食物,但蛋白质组合不当,质量低劣,体重仅56克。



喂给此大白鼠来自不同食物的大量优质蛋白质,皮毛和体形皆优,体重193克。

优质食物来源



图1 蛋白质数量和质量造成的差异! 上图那只大白鼠喂给的优质蛋白质太少; 中图的大白鼠喂给大量劣质蛋白质; 下图的大白鼠喂给了丰富的优质蛋白质。

必需氨基酸

苏氨酸
色氨酸
缬氨酸

非必需氨基酸

甘氨酸
羟脯氨酸
脯氨酸
丝氨酸
酪氨酸

应注意, 对人体来说, 精氨酸不能被认为是一种必需氨基酸, 然而对动物来说它是必需的。和人类婴儿情况不同, 大多数幼小的哺乳动物都不能合成足够的精氨酸以满足它们的需要。

(参见氨基酸)

为了合成蛋白质, 必须获得合成所需的所有氨基酸, 如果缺少一种, 则合成过程就停止。当一种特定的氨基酸缺乏时, 这种氨基酸就被称为限制性氨基酸, 因为它限制着蛋白质的合成, 这就是为什么蛋白质品质对人体营养如此重要的原因。在消化方面, 优质蛋白质使各种氨基酸供给保持平衡, 随后这些氨基酸被吸收, 作为蛋白质合成的前身。植物性食物的赖氨酸、蛋氨酸、胱氨酸、色氨酸和苏氨酸含量不足。赖氨酸对很多谷物来说是限制性氨基酸, 而蛋氨酸是豆类的限制性氨基酸。一般来说, 动物来源的蛋白质, 如蛋、乳制品和肉类提供适于人体生长和维持生命所需要的氨基酸混合物。

蛋白质合成并不是一定数目的氨基酸合在一起的一个随机过程; 更确切地说, 它是一个周详的预定程序。蛋白质合成必须具备三个条件: ①合适的氨基酸; ②合适的氨基酸数量; ③氨基酸在形成的蛋白质链中的合适顺序。具备这些条件之后才能合成非常特殊的、形成独特组织、具有专门功能和特性的蛋白质。

蛋白质合成涉及一系列的化学反应, 这些反应因每种蛋白质而异。从细胞的基因材料DNA(脱氧核糖核酸)所形成的密码中, 来确定制造蛋白质的方向。在DNA分子内, 把含氮碱基腺嘌呤、胸腺嘧啶、鸟嘌呤和胞嘧啶的顺序译成蛋白质合成密码。DNA的密码通过核糖核酸(RNA)发生作用。RNA有三种形式, 每种都有一个特殊的功能。信息RNA(mRNA)从DNA那里录下信息, 并把它作为一个单独的部分输送到细胞质中。转移RNA(tRNA)是小分子, 担当特殊氨基酸的运载。第三个类型RNA为核糖体RNA(rRNA), 是细胞质内核糖体的主要成分。蛋白质合成处正是核糖体与mRNA连结的地方。同mRNA连结的核糖体传递(翻译)遗传密码。从DNA来的信息被转录时, tRNA提供了合适的氨基酸, 然后这些氨基酸由肽键连结起来。一个氨基酸的氨基部分(NH_2)将和另一个氨基酸的羧基(COOH)

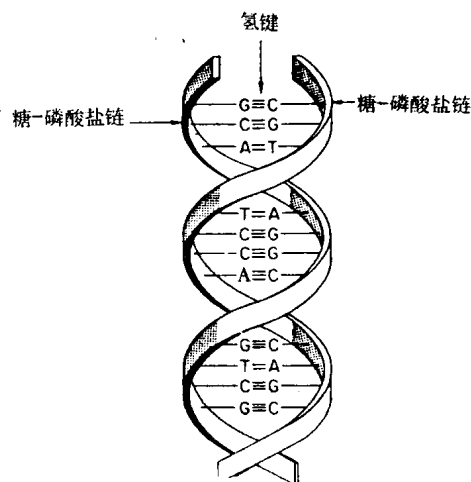


图2 脱氧核糖核酸(DNA)——生命的密码。它是一个双螺旋形(一个双螺旋结构), 糖(脱氧核糖)-磷酸盐为二个螺旋带的“支柱”, 连结这个“支柱”的是四个含氮碱基(一个碱基是盐的无酸部分): 腺嘌呤(A)和胸腺嘧啶(T)配对, 鸟嘌呤(G)和胞嘧啶(C)配对; 相同的二个螺旋带将这些碱基对之间相互连结在一起。这些碱基的顺序译成密码, 进行人体每种蛋白质的合成。

部分结合, 释放出一个水分子(H_2O)并形成肽键, 就象火车车厢连结成为一列火车一样。当发生很多这样的结合时, 就形成了蛋白质分子。

每一种氨基酸的顺序就是一个不同的蛋白质。因此, 体内不同的蛋白质具有不同的功能。在22种氨基酸中, 可能的不同排列顺序是无限的, 产生各种不同的蛋白质。例如, 清蛋白是一个小分子蛋白质, 约含288个氨基酸。因此, 假设在这一分子中约有20种不同的氨基酸, 数学计算表明, 这些氨基酸可能有 10^{300} 多的排列顺序(为了比较, 100万等于 10^6)。

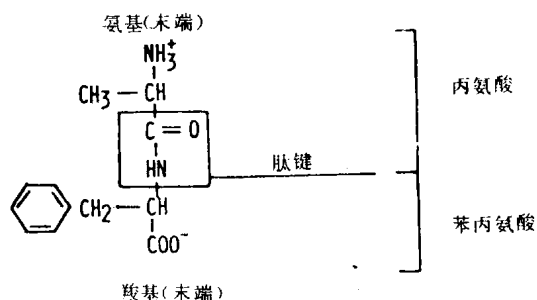


图3 两个氨基酸之间的肽键

既然每个细胞的 DNA 携带着生成蛋白质的总计划, 所以常常根据蛋白质的代谢失调而证明基因突变的存在。很多代谢的缺陷(先天性代谢缺陷)是缺失或改变了某个酶或另一蛋白质的结果。在一个蛋白质分子中只要有一个氨基酸排列不当或遗漏, 就能产生一个不起作用的蛋白质。称作镰形细胞贫血症的疾病, 其原因是具有独特性的血细胞中含有一个不正确的蛋白质, 结果这个血细胞经常萎陷而发生贫血症。

分类 自然界中的蛋白质以若干种形式存在, 每

一种都具有独特的化学性质。根据化学成分, 蛋白质可以分成两个主要类型, 即简单蛋白质和结合蛋白质。简单蛋白质只含有氨基酸及其衍生物, 而结合蛋白质结合了各种非蛋白质物质。这两个主要类型的蛋白质还可再分。表 1 列出了不同类型的蛋白质及它们间相互区别的特征。

也许第三个类型——衍生蛋白质可以加到上述两种类型中。衍生蛋白质实际上就是其消化产物。它们是大小不同的片断。根据氨基酸数同衍生蛋白质从最大到最小是肽、多肽和肽。

蛋白质也可以根据结构分类, 结构对蛋白质在人

表 1 一些普通蛋白质的分类

	类 型	化 学 特 性	一 般 注 释
简 单 蛋 白 质	硬蛋白	不溶于水, 对酶的消化有很高的抵抗力; 在水中煮沸或用稀酸或稀碱情况下有一些可变成凝胶。	包括骨胶原、弹性硬蛋白和角蛋白; 一般在支柱组织中, 有时归属于纤维蛋白质。
	白蛋白	易溶于水, 加热凝结。	存在于鸡蛋、牛奶和血清中。
	球蛋白	在水中溶解度低; 加入中性盐可增加溶解度; 加热凝结。	广泛存在于自然界, 例如血清球蛋白、肌肉球蛋白和为数众多的植物球蛋白。
	谷蛋白	不溶于水; 溶于稀酸或稀碱。	在谷粒中含量丰富, 如小麦谷蛋白。
	醇溶蛋白	不溶于水、无水乙醇和中性试剂; 溶于 80% 乙醇。	玉米胚和小麦胚乳均为醇溶蛋白。
结 合 蛋 白 质	色蛋白	蛋白质和色素(着色的)物质结合。	通常是血红蛋白(正铁血黄素)和蛋白质结合。
	卵磷蛋白	蛋白质和卵磷脂结合。	发现于血块纤维蛋白和蛋中的卵黄磷蛋白。
	脂蛋白	溶于水; 脂肪和蛋白质结合。	血中脂肪的输送工具, 含有三磷酸甘油酯、胆固醇和磷脂的不同比例。
	金属蛋白质	蛋白质和金属结合。	例如铁传蛋白, 是能够和铜、铁和锌结合的金属蛋白质。各种不同的酶都含有矿物质。
	粘蛋白或糖蛋白	含有碳水化合物, 如甘露糖和丰乳糖。	例如从粘液中分泌的粘蛋白和一些激素存在于妊娠妇女的尿中。
	核蛋白	蛋白质和核酸结合。	存在于种子的胚芽和腺组织中。
	磷蛋白	含有蛋白质和磷的化合物, 其组成不同于磷脂和核酸。	如奶中的酪蛋白和蛋中的卵黄磷蛋白。

体内的功能是非常重要的。有些蛋白质呈圆形或椭圆形, 称为球形蛋白质, 这些包括酶、蛋白质激素、血红蛋白和球蛋白。另外一些蛋白质以平行的方式连结在一起形成一个长链, 称作纤维状蛋白质, 这些包括骨胶原、弹性硬蛋白和角蛋白(结缔组织、弹性组织和头发的蛋白质)。很多纤维状蛋白质不易消化, 即使易消化, 也为劣质蛋白质。

血液分送至人体细胞。在人体中氨基酸可用于初期蛋



球形蛋白质



纤维状蛋白质

图 4 球形和纤维状蛋白质的结构

消化, 吸收和代谢 蛋白质消化(被分解成小的单位)开始于胃, 然后在小肠里继续完成。最后胰腺和小肠的酶将膳食蛋白质分解成氨基酸。这些氨基酸通过快速传送过程被小肠吸收, 因此它们通过

白质合成和能量生成,这依赖于:①蛋白质品质;②饮食的热量水平;③成长阶段,包括生长、妊娠和哺乳;④前期营养状况;⑤应激因素如发烧、损伤等。

偶尔,生物个体生来就有与蛋白质或氨基酸的代谢有关的很特定的失调,这些常属于先天性代谢缺陷。白化病、糖皮质激素和苯酮尿病都是较常见的一些例子。

功能 每种特定的蛋白质在人体内行使一种特殊的功能。一种蛋白质不能代替另一种蛋白质。概括起来,将蛋白质的功能分为下列5类:

1. 新组织形成:新组织的形成(合成代谢)需要蛋白质合成。这种情况发生在生长阶段——从婴儿到成人。治愈外伤需要合成新的蛋白质,烧伤、骨折、出血也是如此。训练期间,运动员合成新的蛋白质使体力增强。显然,妊娠期间要合成新的组织,不只是胎儿,而且胎盘、子宫、乳房和血都需要额外的蛋白质合成。

2. 维持平衡:即使在生物体全面生长已停止的成熟期,蛋白质仍处于一种动态。它在继续降解和重新合成(称作蛋白质周转)。血细胞每120天必须更换一次,而肠细胞每半天更新一次。然而,从人体的汗、头发、手指、皮肤、尿和粪中又可损失蛋白质。蛋白质这种稳定的转换和损失,需要人体有一个氨基酸“库”,身体可以从那里提取,以补充氨基酸的损失。这个“库”由饮食蛋白质补充。

3. 调节:细胞和体液中的蛋白质具有调节功能。血红蛋白(一个带有铁的蛋白质)把氧输送到组织。水平衡和渗透压都受血浆蛋白质调节。此外,蛋白质具有缓冲作用,控制人体的酸碱平衡,尤其是细胞内

体液的平衡。调节人体过程的很多激素都是蛋白质,例如胰岛素、葡萄蛋白、生长激素和消化道激素。

酶——人体所有化学反应催化剂也是蛋白质。保护机体不受传染病侵袭的抗体也是蛋白质。机体的凝血机制依靠蛋白质。

饮食中提供或机体合成的某些氨基酸也同样执行着重要的调节功能。在肝脏中,精氨酸参与氮代谢的最后代谢产物——尿素的生成。这个过程为尿素循环。胱氨酸和蛋氨酸是饮食中硫的主要来源。谷氨酸容易失去一个氨基(NH_2),因此它参与氨基转移过程,生成另外的氨基酸。谷氨酸还是 γ -氨基丁酸的前身,是与神经系统功能有关的一种化合物。甘氨酸参与嘌呤、叶啉肌酸和乙醛酸的合成。乙醛酸是值得注意的,因为它氧化生成草酸,增加了在遗传失调中生成的草酸尿。此外,甘氨酸同各种物质结合,因而得以在胆汁和尿中排泄。组胺是由脱羧反应(在组氨酸脱羧酶作用下)去掉组氨酸的“ COOH ”基而形成的。组胺对血管有很强的扩张作用,包括过敏反应和发炎。组胺还能刺激胃蛋白酶和胃酸的分泌。赖氨酸提供肉毒碱合成的结构成分,肉毒碱刺激细胞内脂肪酸的合成。酪氨酸是肾上腺分泌的去甲肾上腺素和肾上腺素、甲状腺分泌的甲状腺素和三碘甲状腺氨酸的母体化合物。还有存在于皮肤和视网膜中的黑素,是经酪氨酸酶的转化而生成。最后,一个重要的脑神经传送物——5-羟色胺是由色氨酸生成的。机体内色氨酸可合成烟酸,但不能满足机体所需要的全部烟酸。

(参见氨基酸和烟酸)

4. 奶生成:每公斤人奶大约含有12克蛋白质。因此,妇女在哺乳期间需要从饮食中补加的蛋白质至少应和奶中分泌的相等。这种补加的蛋白质将提供充足

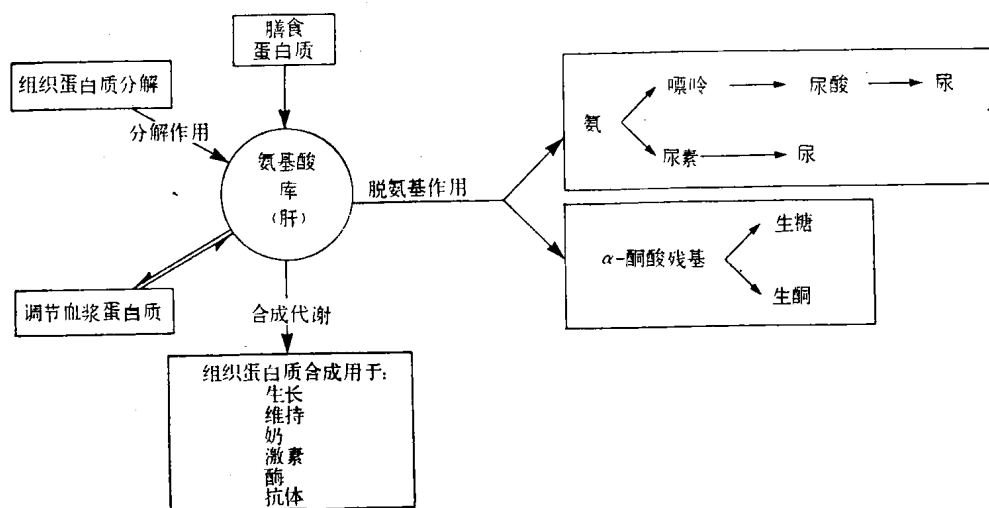


图5 蛋白质功能梗概

量的必需氨基酸。

5. 能量产生: 氨基酸的分解作用产生能量, 每克蛋白质大约是 4 千卡热量。当氨基酸被用于作为能量的目的时, 首先必须经过脱氨基过程脱掉氨基 (NH_2), 脱氨后保留的碳骨架 (α 酮酸残基) 即可能转化成葡萄糖——生糖, 或者使脂肪代谢发生变化——生酮。当碳水化合物和脂肪的形成过程中能量消耗低时, 首先考虑机体的能量需要, 而且膳食和组织蛋白质将用于机体建造和修补过程中蛋白质的消耗。

图 5 是蛋白质的各种功能梗概, 即其代谢。

需要摄取量 用研究氮平衡的方法可以测定人体 (其它动物也是如此) 的蛋白质最低需要量。氮来自蛋白质的消耗, 正如前面所指出的每 100 克蛋白质约含有 16 克氮。每天机体因粪、尿、皮肤、头皮、指甲、汗和其它分泌物而丢失氮。膳食蛋白质 (氮) 的摄取量必须补充每天的损失量。正常的健康成年人应处于氮的平衡状态 (摄入量等于排出量)。当氮的摄入量超过排出量时, 则形成正氮平衡, 如下所述的生理状态就是这种情况: 妊娠、哺乳、严重疾病的康复、肌肉生长、生长和注射类固醇如睾丸酮以后。正氮平衡表示新组织正在被形成。当氮的摄入量小于排出量时, 就产生负氮平衡。饥饿、糖尿病、发烧、外科手术、烧伤或休克都能产生负氮平衡。这是一种不理想的情况, 因为机体的破坏速度快于它的合成速度。表 2 为氮平衡例子。

表 2 一个 70 kg 男人氮平衡的三种实例

氮摄入量和排出量 ¹	平衡 (g/日)	正 (g/日)	负 (g/日)
摄入量:			
食物	9.0	9.0	9.0
排出量:			
尿	7.2	4.8	11.3
粪	1.1	1.0	0.8
皮肤 ²	0.4	0.4	0.4
全部排出量	8.7	6.2	12.5
平 衡	+0.3	+2.8	-3.5

1. 乘 6.25 转换成蛋白质。

2. 包括汗、头发、指甲、脱落皮肤、唾液和精液射出时氮的损失。

蛋白质 正常氮平衡研究数天时间才能完成, 甚为费时。通常用收集和测定尿中的氮来估计氮的平衡, 因为蛋白质代谢的最后产物主要经过此途径。尿中约 90% 的氮是尿素和胺盐 (蛋白质代谢的最终产物)。尿中 10% 的氮以尿酸和肌酸酐形式存在, 它们是嘌呤、

嘧啶和肌酸的代谢产物。由粪便丢失的氮由不能被吸收的膳食蛋白质、细菌和肠内残渣的氮组成。由皮肤、头发、指甲、汗和其它分泌物丢失的少量蛋白质, 其测定是困难的, 也难以估计。

利用氮平衡这个方法, 按下述的依据, 可以得到膳食蛋白质日推荐量。

1. 青年成人的尿氮丢失约为 37 毫克/千克体重。
2. 粪氮丢失平均为 12 毫克/千克体重。
3. 汗、头发、指甲和脱落皮肤的氮丢失量为 3 毫克/千克体重。
4. 氮的次要丢失途径如唾液、月经和精液, 氮丢失值为 2 毫克/千克体重。
5. 全部氮的必须丢失 (每天必须替换) 的数量达 54 毫克/千克体重, 或者按蛋白质计算则为 0.34 克/千克体重。
6. 由于个体不同, 每天氮丢失可增加 30%、或为 70 毫克/千克体重, 按蛋白质计算则为 0.45 克/千克体重。
7. 甚至在消耗优质蛋白质 (如蛋) 时, 由于利用效率的降低, 蛋白质丢失继续增加 30%, 达到 0.6 克/千克体重。
8. 在美国人的混合膳食中, 蛋白质有效利用率最后校正为 75%。因此, 普通的健康成年男性和女性的蛋白质日推荐量则为 0.8 克/千克体重, 如 70 千克体重的男性每天需 56 克蛋白质, 55 千克体重的女性需 44 克蛋白质。

上述结果概述于表 3。

生长、妊娠和哺乳, 也可能是工作和应激需要增加蛋白质的摄入量。衰老的情况可作一些特殊的考虑。下面讨论这些特殊需要的情况。

生长 生命的第一年, 人体蛋白质含量大约从 11% 增加到 15%, 而体重增加了大约 7 千克。四岁时, 人体蛋白质含量达到成人的 18~19%。根据对婴儿期和成年期之间蛋白质需要量的估计, 可以向上调节以便保证满意的生长比率的蛋白质供给量。

对于婴儿, 其供给量根据摄入的奶所提供的蛋白质而定, 此量用于保证婴儿有满意的生长率。在生后的第一月中, 每天蛋白质估计量是 2~2.4 克/千克, 生后的第六个月逐渐降到每天 1.5 克/千克。超过六个月的婴儿, 每天 1.5 克/千克的供给量向上调整, 混合膳食蛋白质按利用率 75% 计算, 因为这个期间婴儿消耗了除奶之外的其它食物。所以, 六个月至一岁的婴儿蛋白质供给量每天变成 2.0 克/千克。

根据收集到的生长速率和机体组成情况来计算生长的儿童和青年人每天蛋白质供给量。这些供给量假定蛋白质转化成生长组织的功率同成人中观察到的相类似——大约 75%。1~18 岁期间, 这些供给量逐渐

表3 蛋白质日推荐量的计算

因 素	按氮 计算 (g/kg)	按蛋白质 计算 (g/kg)
尿的必须丢失	0.037	0.231
粪便丢失	0.012	0.075
由于汗、头发、指甲和皮肤脱落的丢失	0.003	0.019
由于唾液、月经和精液的丢失	0.002	0.013
测定的全天丢失	0.054	0.340
个体差异 (+30%)	0.016	0.110
总 计	0.070	0.450
利用率的降低 (+30%)	0.020	0.150
总 计	0.090	0.600
对美国人混合膳食中蛋白质利用率的75%		
校正 (除0.75)	0.120*	0.800

* 计算产生一些随机误差。

表4 蛋白质日推荐量

组 别	年 龄 (岁)	体 重 (kg)	身 高 (cm)	日推荐量 (g)
婴 儿	0.0~0.5	6	60	kg×2.2
	0.5~1.0	9	71	kg×2.0
儿 童	1~3	13	90	23
	4~6	20	112	30
	7~10	28	132	34
男 性	11~14	45	157	45
	15~18	66	176	56
	19~22	70	177	56
	23~50	70	178	56
	51以上	70	178	56
女 性	11~14	46	157	46
	15~18	55	163	46
	19~22	55	163	44
	23~50	55	163	44
	51以上	55	163	44
妊娠期				+30
哺乳期				+20

降低 (见表4)。

妊娠 妊娠妇女的蛋白质供给量, 必须满足母亲生理调整 (血容量, 子宫和乳房的扩张, 胎儿、胎盘生长和发育) 的需要。妊娠末期, 储存约 925 克额外补充的蛋白质。此外, 在妊娠期还有很多意外的蛋白质需要。因此建议每天增加 30 克供给量以防止由于蛋白质摄入的不足而有害母亲和胎儿的情况发生。鉴于妊娠末期个体差异和组织蛋白质的转化功效, 能从逐

日蛋白质实际积累量和混合膳食蛋白质来源, 每天得到 10 克蛋白质, 此量是足够的。

按照日推荐量 (RDA), 妊娠成人蛋白质供给量是 74 克/日 (由未妊娠妇女的 44 克/日, 再追加 30 克/日)。妊娠青少年应该得到的蛋白质供给量为未妊娠时的量加上妊娠时追加的 30 克/日。因此, 一个 11~18 岁的妊娠妇女每天应得到 76 克蛋白质。

哺乳 哺乳母亲需要增加的蛋白质量, 与产奶蛋白质数量有关。人奶的蛋白质含量一般在开始哺乳的几个 月内减少。从出生 14 天时的平均 1.54 克/100 毫升降到出生 112 天之后的 0.87 克/100 毫升。假设每天平均产奶 850 毫升, 并且每 100 毫升平均含 1.2 克蛋白质, 那么每天蛋白质产量大约是 10 克。从饮食蛋白转化为奶蛋白的效率不明, 但可能同其它机体功能对蛋白质的利用率相似, 约为 70%。考虑到这一因素, 还注意到个体差异, 如产奶量每天超过 850 毫升, 哺乳妇女的膳食蛋白质供给量应比未妊娠和不哺乳的妇女增加 20 克/日。

全国科学研究委员会 (NRC) 的食品和营养委员会的蛋白质日推荐量见表 4。

工作和应激 由于工作和应激所强加的蛋白质需要量未列入表 4 中。除了在正常情况下肌肉发育, 特别在能量摄入量不能满足工作增加的情况下需要少量蛋白质时, 几乎没有证据表明肌肉活动应增加蛋白质的需要量。然而, 激烈的活动导致大量出汗, 如在繁重工作和运动时, 增加了皮肤的氮丢失。但似乎并不伴随尿氮的丢失减少。计算表明皮肤丢失的氮量较大。但是, 随着对激烈活动的适应, 可以减少皮肤氮过多的丢失。日推荐量包括一个安全范围, 所以, 对工作和训练不再增加蛋白质供给量。

特殊极端的环境和生理压力增加氮的丢失。另外, 一些证据还表明, 程度较轻的应激也增加氮的丢失。感染、发烧和外伤都能引起尿氮的大量丢失, 并大量增加能量消耗。严重的感染和外科手术需要进行有特殊膳食的临床医治。在由蛋白质已耗尽的患病期进入康复期时, 其蛋白质和能量的需要量均增加。这同快速生长阶段一样。

每天的生活可能给个体带来应激, 能够短时间里增加尿氮排泄。然而, 可以设想, 在为蛋白质需要量估计制定根据的试验中, 所选用的个体通常表现出相同的应激情况, 因此, 对于每天生活中的应激不再增加供给量。

衰老 上年纪的人因其能量摄入量和需要量逐渐减少, 所以需要特殊考虑。根据 50 岁以上的人的蛋白质和能量的推荐量, 由蛋白质所提供的热量约为 10%。

每单位体重的能量摄入量随着年龄增大而逐渐降低。但是为了保持氮的平衡，每单位体重所需要的蛋白质质量甚至可以增加。此外，上年纪的人常常复发慢性疾病，需要蛋白质的修补。因此，保证老年人所摄入的能量中，由蛋白质提供其中的12%或更多似乎是明智的。按每克蛋白质产生4千卡热量，表5列出了根据老年人能量摄入量而计算的蛋白质推荐量。

氨基酸 对于蛋白质的需求有一个限制。蛋白质必须提供满足人体蛋白质合成的足够数量的必需氨基酸。根据对婴儿、儿童和成年人的若干研究，制定了必需氨基酸日需要量的一些估计值，列在表6中。

表5 老年人蛋白质日推荐量*

组别	年龄(岁)	体重(kg)	身高(cm)	能量需要(kcal)	蛋白质(g)
男性	51~75	70	178	2,400	72
	75+	70	178	2,050	62
女性	51~75	55	163	1,800	54
	75+	55	163	1,600	48

* 根据12%能量由蛋白质生成。

只有当膳食为非必需氨基酸合成提供足够氮时，这些需要量才是适当的。这样，必需氨基酸将不为非必需氨基酸转移提供氨基。甚至在婴儿期，必需氨基酸只建造大约35%全部需要的蛋白质。成年期必需氨基酸要低于全部蛋白质需要量的20%。大多数蛋白质含有大量的非必需氨基酸。通常关心的是满足必需氨基酸的需要，尤其是对婴儿和儿童。

从表6注意到，婴儿和儿童因其蛋白质合成率较

表6 人体对氨基酸需要量的估计值

氨基酸	需要量(mg/kg体重·日)		
	婴儿(4~6个月)	儿童(10~12岁)	成人
组氨酸	33	?	?
异亮氨酸	83	28	12
亮氨酸	135	42	16
赖氨酸	99	44	12
全部含硫氨基酸(蛋氨酸和胱氨酸)	49	22	10
全部芳香族氨基酸(苯丙氨酸和酪氨酸)	141	22	16
苏氨酸	68	28	8
色氨酸	21	4	3
缬氨酸	92	5	14

表7 蛋白质优质来源及其热量¹

优质来源 ²	蛋白质(g/100g)	热量(kcal/100g)	优质食物来源	蛋白质(g/100g)	热量(kcal/100g)
鱼片粉	93	398	大豆粉	45	356
干明胶	86	335	裹上面包粉的小牛肉片	34	319
干的鸡蛋蛋白粉	82	372	烤火鸡	33	176
用少量盐腌的脱水鳕鱼	82	375	油煎去皮嫩鸡肉	33	197
全鱼粉	76	307	熟瘦牛肉	31	190
干的鸡蛋蛋白片	75	351	新鲜熟猪腰瘦肉	31	260
大豆蛋白质	75	322	本地产天然瑞士干酪	29	372
鱼废杂粉	71	305	烤羊腿瘦肉	29	186
干整鸡蛋	48	609	烤鳕鱼	29	170
棉籽粉	48	356	罐装金枪鱼(加盐或不加盐)	28	123
脱脂花生粉	48	371	红皮花生	28	608
脱脂不完全的向日葵籽粉	45	339	熟碎瘦牛肉(含10%脂肪)	27	219
大豆粉	45	356	天然切达干酪(美国产)	25	402
脱脂不完全的向日葵籽粗粉	42	388	熟的大西洋鲱鱼	24	255
大豆豆浆粉	41	429	熟鲱鱼	24	196
磨碎的天然巴马干酪	41	456	干烤混合坚果	22	590
谷蛋白小麦面粉(45%谷蛋白和55%特级面粉)	41	378	天然农家干酪	17	85
脱脂不完全的杏仁粗粉	40	408	全粒小麦面粉(硬粒小麦)	13	361
无苦味的啤酒酵母	39	283	煮得老的鸡蛋或荷包蛋	13	156
圆酵母	39	277			

1. 所列食物不考虑水分含量。
2. 未考虑正常的食用量或氨基酸含量。

高,所以按体重计算需要大量的必需氨基酸。目前,对于妊娠和哺乳尚无特殊的必需氨基酸需要;但这些问题涉及新蛋白质的合成。

来源 上页表7列举了蛋白质的优质食物来源。

注意:表中所列:①优质来源(左栏),没有考虑正常食用量或氨基酸含量;②优质食物来源(右栏)。并列出了每种食物蛋白质含量和能量值。

遗憾的是,满足蛋白质需要并不仅仅是选择能提供日蛋白质供给量的食物。如前所述,对于蛋白质的需要首先是对必需氨基酸的需要。就氨基酸的组成而言,一切蛋白质均不相同,某些食物的若干蛋白质含有少量的或者完全缺乏某些必需氨基酸。因此,满足蛋白质需要严格要求质量和数量的保证。

数量和质量 表7的蛋白质值是用Kjeldahl法测得的粗蛋白质值,它先测定每种物质的含氮量,然后假定每克氮相当于6.25克蛋白质。以此估测蛋白质数量。而数量又至为重要,例如,煮熟的马铃薯每100克含有1.9克蛋白质,在妊娠期间每日为得到30克额外的蛋白质,一个妊娠妇女必须食用1.6千克的马铃薯,而只食用100~113克的牛肉、鱼或家禽就能提供30克以上的蛋白质。但只考虑粗蛋白质值也会带来错误。例如,表7所列的明胶是属于第二个最佳蛋白质来源,但明胶实际上不含色氨酸,且其它必需氨基酸的量也很少。明胶作为蛋白质来源应用将不能维持生长或生命。因此,对于蛋白质质量的一些评价是必要的。

1911年,美国康涅狄格州农业实验站的T. B. Osborne 和美国耶鲁大学的L. B. Mendel组成了一个卓越的合作班子,开创了蛋白质质量的研究。他们用含蛋白质18%的膳食类型饲养大白鼠,其中有:①奶蛋白(酪蛋白);②小麦蛋白(醇溶蛋白);③玉米蛋白(玉米醇溶蛋白)。唯有蛋白质来源是酪蛋白的那些大白鼠仍然保持健康和正常生长;用醇溶蛋白饲养的大白鼠只是维持了体重但不能生长;用玉米醇溶蛋白饲养的大白鼠不仅不能生长并且减重,如果继续饲喂玉米醇溶蛋白饮食则大白鼠就不能活下来。醇溶蛋白中赖氨酸含量是很低的,玉米醇溶蛋白赖氨酸和色氨酸两者都很低。后来,当在大白鼠的饮食中供给适当的赖氨酸和色氨酸时,所有大白鼠都能生长和增重。Osborne 和 Mendel的另一实验证明了蛋白质甚至象酪蛋白这样好的蛋白质其适当的量是生长所必需的。用含酪蛋白9%的膳食饲养大白鼠,其生长速度只是喂含酪蛋白18%的膳食的大白鼠一半快。因此,蛋白质的数量和质量两者都是重要的。根据蛋白质质量的早期研究,将蛋白质分为完全、部分不完全和不完全三类。完全蛋白质含有维持生命和帮助生长的足够

量的全部必需氨基酸。部分不完全蛋白质能维持生命,但是不能帮助生长。不完全蛋白质既不能维持生命也不能帮助生长。在阐述蛋白质质量时,现在仍然使用这些定义。在奥斯本和门德尔的研究工作以后,寻求评价蛋白质满足机体需要的能力的方法又开始了。下面叙述这些方法。



图6 奥斯本(左)和门德尔(右),他们开创了蛋白质质量的研究。

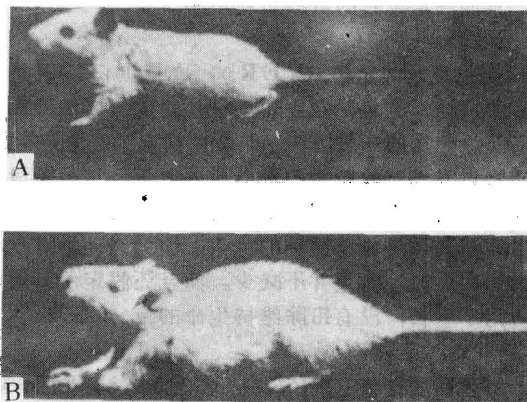


图7 因喂养不完全蛋白质而阻碍生长。两个大白鼠同年龄(140天),除蛋白质外,喂相同饮食。A鼠从小麦中得到醇溶蛋白——一种不完全蛋白质,缺少赖氨酸,而B鼠从奶中得到酪蛋白——一种完全蛋白质。

mas) 和米切尔 (H. H. Mitchell) 提出的一个测定蛋白质生物学价值 (被机体利用的蛋白质实际被消化的百分数) 的方法。这个方法假设保留的氮 (摄取的氮不能从尿或粪便中回收) 代表被机体利用的最好一类氨基酸。下面的等式指出怎样测定生物学价值 (BV)。

$$\frac{100 \times N \text{ 摄入量} - \left(\frac{\text{粪}N - \text{代谢}N}{\text{尿}N - \text{内源}N} \right)}{N \text{ 摄入量} - (\text{粪}N - \text{代谢}N)} = \% BV$$

在上面等式中 N 代表氮, 而代谢氮和内源氮是在饲喂无蛋白质膳食的预试期测定的, 这样可以区别从食物中保留的氮。因此所估计的生物学价值是通过在蛋白质摄入量低于需要水平的标准条件下, 根据氮的摄入和丢失而测定的。生物学价值是衡量吸收氮的利用效率的一个标准, 它主要决定于膳食蛋白质的氨基酸成分。不用说, 用这个方法测定膳食蛋白质质量是费时间的, 因此不常用它。再者, 除大白鼠外, 几乎没有什么动物能长时间食用无蛋白质食物以完成试验。然而, 生物学价值还是常用于描述蛋白质质量。

净蛋白质利用率 (NPU) 根据吸收后不能从粪中回收的量来估计消化率, 用摄入量的百分数表示。生物学价值和消化率的增加产生净蛋白质利用率, 它是吸收氮的全部利用效率的衡量标准。对于完全消化的蛋白质, 净蛋白质利用率和生物学价值是相同的。对于不易消化的蛋白质或者含有大量纤维的食物, 生物学价值不能提供所消耗的蛋白质利用效率的衡量标准, 只能测定吸收的蛋白质利用率。

蛋白质功效比值 (PER) 这是蛋白质质量的最简单试验, 并且是在比较某种食物的蛋白质营养价值时广泛使用的一种方法。PER 规定为生长动物的增重除以其在试验阶段的蛋白质摄入量。试验阶段常为 10 天。这个方法应用时虽然简单, 但是它不能评价蛋白质与其质量成正比例的关系。因为当动物膳食中没有蛋白质时, 体重并不减少。而且还假定所有蛋白质都用于生长, 没有扣除维持生命的量。

净蛋白质比值 (NPR) 这个方法试图用扣除一些维持量来纠正 PER 的不足。用未得到食物蛋白质的对照动物群, NPR 完成了这个目的。NPR 是饲以试验食物的动物 (大白鼠) 群增加的体重加上饲以无食物蛋白质的类似群体减少的体重, 其总重量被动物在进行食物实验时所消耗的蛋白质重量除。

氮平衡指数 这个方法与生物学价值相似, 但是没有喂无蛋白质食物的阶段。它仅用食物中的氮减

去尿和粪中的氮。氮平衡已用于评价人类膳食中的蛋白质食物和测定人对氨基酸需要的方法。当膳食中蛋白质 (氨基酸) 充足时, 氮平衡是正的。罗斯 (W. C. Rose) 使用由糖、淀粉、脂肪和已知量的纯氨基酸混合液, 首先测定青年人需要的每种必需氨基酸的量。同时从溶液中去掉氨基酸进行测定, 并且注意观察氮平衡。当去掉的氨基酸是必需氨基酸时, 结果出现负的氮平衡。为了测定人体蛋白质营养价值所使用的方法是氮平衡的延伸, 称为氮平衡指数。在几个低值摄入量和稍高的氮平衡情况下喂养要评价的食物, 然后用氮平衡值对吸收的氮或摄入的氮作曲线图, 连结这些点成一直线并测定直线的斜率。当摄入的氮用于代替氮的吸收时, 则得到的值相当于净蛋白质利用率 (NPU)。

斜率比值法 这是氮平衡指数的修正, 生长动物随意喂给各种不同水平的蛋白质, 然后将生长速率和蛋白质摄入量制成图表, 给出的直线斜率作为蛋白质质量的标准。

化学分 (CS) 通过化学方法测定一种食物的必需氨基酸含量, 可以获得其营养价值的一些概念。测定化学分首先必须有一个同膳食蛋白质相比较的氨基酸浓度的参比模式。表 8 为一个能满足机体需要的优质蛋白质的氨基酸模式。这个氨基酸模式是假想的, 根据婴儿和 10~12 岁儿童所需要的必需氨基酸而设计的。表 8 还说明了鸡蛋和人奶的必需氨基酸模式同假想的优质蛋白质比较情况。鸡蛋和人奶因其氨基酸典范, 经常作为标准。参比的或者标准的模式其值是 100, 根据食物或膳食蛋白质中每种必需氨基酸值与标准值不同, 可以计算百分率。表示出最不足的必需氨基酸可以认为是限制蛋白质利用的氨基酸。这个氨基酸模式的数量, 即与标准比较所得的百分数, 规定了化学分。这个化学分通常与蛋白质质量的生物学评价相

表 8 以每克蛋白质所含氨基酸的毫克数所表示的三种参考模式

氨基酸	优质蛋白质的 氨基酸模式	人 奶	全 蛋
组氨酸	17	23	24
异亮氨酸	42	56	63
亮氨酸	70	95	88
赖氨酸	51	68	68
蛋氨酸和胱氨酸	26	40	56
苯丙氨酸和酪氨酸	73	99	98
苏氨酸	35	46	49
色氨酸	11	17	16
缬氨酸	48	63	72

一致,但是对于不易消化的蛋白质质量有过高估价的趋向。

下面等式可以用来计算每种必需氨基酸的化学分

$$CS = \frac{\text{每克试验蛋白质含氨基酸的毫克数} \times 100}{\text{每克参考蛋白质含氨基酸的毫克数}}$$

通常,只计算赖氨酸、蛋氨酸、胱氨酸和色氨酸的化学分,因为这些是最常见的限制性氨基酸。下面是马铃薯的一个例子。

1. 把全蛋作为参考模式:

蛋氨酸和胱氨酸	56毫克/克
赖氨酸	68毫克/克
色氨酸	16毫克/克

2. 列出马铃薯蛋白质中相同氨基酸的数量:

蛋氨酸和胱氨酸	27毫克/克
赖氨酸	127毫克/克

色氨酸 35毫克/克

3. 用上面的公式计算出这些氨基酸的化学分:

蛋氨酸和胱氨酸	48
赖氨酸	187
色氨酸	219

很明显,蛋氨酸和胱氨酸(含硫氨基酸)是马铃薯的限制性氨基酸。

净膳食蛋白质热量百分率(ND_pcal%) 这个评价蛋白质的方法考虑了食物中蛋白质热量的百分率,它根据净蛋白质利用率(NPU)或质量而进行校准的。ND_pcal%用下列公式表示:

$$ND_{p\text{cal}}\% = \frac{\text{蛋白质克数} \times 4 \text{ kcal} \times 100}{\text{食物或膳食中全部 kcal}} \times NPU$$

表9为测定一些普通食物蛋白质质量时上述方法的相互比较情况。

表 9 测定一些普通食物蛋白质质量不同方法的比较

食 物	蛋 白 质 (g/100g)	能 量 (kcal/ 100g)	消 化 率 (%)	生物化学 价 值 (BV) (%)	净蛋白质 利 用 率 (NPU) (%)	净膳食蛋白质 热量百分率 (ND _p cal) (%)	蛋白质功 效 比 值 (PER)	化 学 分 (CS)*	限制性氨基酸
鸡 蛋	13	163	99	91	91	30	3.92	100	无
纯牛奶	1	66	97	85	82	20	3.09	61	蛋氨酸和胱氨酸
鱼	19	125	98	83	81	49	3.55	75	色氨酸
牛 肉	18	250	99	71	71	21	2.30	69	缬氨酸
小 鸡	21	120	95	71	70	49	—	67	缬氨酸
猪 肉	12	350	—	71	—	—	—	68	蛋氨酸和胱氨酸
明 胶	86	335	—	—	3	3	-1.25	0	色氨酸
大 豆	31	403	90	73	66	22	2.32	46	蛋氨酸和胱氨酸
普通干豆	22	310	73	58	42	11	1.48	34	蛋氨酸和胱氨酸
花 生	26	564	87	55	48	9	1.65	43	蛋氨酸和胱氨酸
啤酒酵母	39	283	84	67	56	31	2.24	15	蛋氨酸和胱氨酸
全粒小麦	12	330	91	66	60	9	1.50	48	赖氨酸
全粒玉米	9	355	90	60	54	5	1.12	40	赖氨酸
糙 米	8	360	96	73	70	6	—	56	赖氨酸
精 米	7	363	98	64	63	5	2.18	53	赖氨酸
马铃薯	2	76	89	73	5	7	—	48	蛋氨酸和胱氨酸

* 鸡蛋作为参比蛋白质。

必须记住评价蛋白质质量的每种方法只是帮助鉴定食物满足身体对蛋白质(氨基酸)需求能力的一种工具。这些蛋白质质量测定对比较不同类型单一蛋白质的营养价值是有用的,例如婴儿配方食品、加工食品以及人和动物的共用膳食。然而对个别食物的测定不能得到关于复杂的人类膳食中蛋白质质量方面的有用信息。膳食蛋白质质量唯一有意义的测定是测定消耗的全部膳食。为此,要采取一些手段以保证全部膳食可提供必需的氨基酸。

互补蛋白质 蛋白质中缺少的氨基酸通常用与

另一种蛋白质结合的方法得到改善,而且这两种蛋白质的混合常常比单独一种有更高的食品价值。也就是说蛋白质相互之间有相对强和弱的补充。例如,很多谷物含赖氨酸低,但是含蛋氨酸和胱氨酸高。另一方面,大豆、利马豆和菜豆赖氨酸含量高,但蛋氨酸和胱氨酸含量低。当一起食用时,这种缺乏得到纠正。几乎在所有国家都可以找到互补蛋白质的结合。在中东,面包和干酪一起食用;墨西哥人食用豆和玉米(玉米饼);印度食用小麦和豆子(豆类)。美国人早餐食用各类谷物食品和牛奶。这种蛋白质的互相补充只有在蛋白质缺少和互补蛋白质同时或在几小时内一起被吸

收时才有作用。应用表9所列情况,可以得到不同食物的化学分和选择比较好的互补蛋白质。表10列出了一些可以作为蛋白质来源的普通食物的缺点。互补食物蛋白质的一些例子如:①水稻和豇豆;②全粒小麦或磨碎的小麦、大豆和芝麻;③玉米粉和菜豆;④大豆、花生、糙米和磨碎的小麦。

影响氨基酸利用的因素 蛋白质中氨基酸的存在并不能说明它们的利用情况。因此,除食物的氨基酸含量之外,下面叙述的因素必须考虑:

消化率 大多数动物蛋白质的氨基酸吸收效率高,但是很多植物性蛋白质未必如此。动物蛋白质大约90~95%是可消化的,但是一些植物蛋白质的消化率却低达73%(见表9)。

能量 能量摄入显著不足时,蛋白质利用效率低。

表 10 一些食物的化学分、限制性氨基酸和净蛋白质利用率(NPU)

食 物	化学分(根据鸡蛋氨基酸模式)	限制性氨基酸	NPU
鸡 蛋	100		100
鸡 蛋 清	90	色氨酸	83
黑 麦	90	苏氨酸	—
菠 菜	90	蛋氨酸和胱氨酸	—
牛 肉	80	蛋氨酸和胱氨酸	80
棉 籽 粉	80	蛋氨酸和胱氨酸	66
猪腰部嫩肉	80	蛋氨酸和胱氨酸	84
甘 薯	75	蛋氨酸和胱氨酸	72
鱼	75	色氨酸	83
水 稻	75	赖氨酸	57
牛 心	70	蛋氨酸和胱氨酸	67
牛 肝	70	蛋氨酸和胱氨酸	65
牛 肾	70	蛋氨酸和胱氨酸	77
燕 麦	70	赖氨酸	—
花 生 粉	70	蛋氨酸和胱氨酸	48
大 豆 粉	70	蛋氨酸和胱氨酸	56
向日葵子	70	赖氨酸	65
小 麦 芽	65	蛋氨酸和胱氨酸	67
酪 蛋 白	60	蛋氨酸和胱氨酸	72
牛 奶	60	蛋氨酸和胱氨酸	75
麦	60	赖氨酸	56
豌 豆	60	蛋氨酸和胱氨酸	44
芝 麻	50	赖氨酸	56
精 白 粉	50	赖氨酸	52
马 铃 薯	48	蛋氨酸和胱氨酸	71
玉 米 粉	45	色氨酸	55
海 军 豆	42	蛋氨酸和胱氨酸	47
木 薯	40	蛋氨酸和胱氨酸	—
小 麦 面 筋	40	赖氨酸	37

当能量摄入低于一定水平时,消费者的蛋白质营养价值减小。例如,如果膳食能量受限制,对营养不足的实验动物只增加蛋白质供给不是充分有效的。这个原则也适用于营养不良或在损伤和疾病之后康复期的人体蛋白质补充;对于补充的膳食蛋白质的充分利用最好通过摄取适当的热量来保证。

当膳食能量减少至需要量以下时,热量摄入对蛋白质代谢的影响表现为氮负平衡的迅速发展,如果继续喂给低于维持量的膳食,这种不利作用将继续存在。由此能断定,能量摄取不足本身会引起人体蛋白质的减少,因而将加速膳食蛋白质的缺乏。因此,据认为碳水化合物具有蛋白质节约效应。为节约蛋白质,每日需要摄取50~100克可消化碳水化合物。

维生素和矿物质 对于正常生长和代谢所需要的任何一种必需矿物质和维生素可以被认为都能影响膳食蛋白质的利用,当维生素和矿物质缺少到一定程度时便导致体内物质的减少。为此,蛋白质质量试验一般用含有适量维生素和矿物质的膳食进行。

在治疗蛋白质缺乏症患者时,供给一些维生素和矿物质比其它方法显得更重要。尤其是应补充足够量的烟酸、钾和磷,以保证在蛋白质补充中这些物质不是限制性因素。因此在烟酸缺乏时,不只是过量存在的色氨酸转化成烟酸,甚至在蛋白质合成中色氨酸不足时也能发生一些转化。

(参见矿物质和维生素)

氨基酸不平衡 当膳食中加入一种单一氨基酸或氨基酸混合物而降低了膳食蛋白质的利用时,将出现某种类型的氨基酸不平衡。当全部蛋白质摄入量低时,即使小量增加某些氨基酸浓度,也使其它氨基酸的需要量增加。

一种膳食氨基酸的利用,也可以因饮食中加入与它结构上有关的另一种氨基酸而被降低。两个已知的最好例子是过量的亮氨酸干扰异亮氨酸和缬氨酸的利用,赖氨酸干扰精氨酸的利用。大量的单一氨基酸加到试验膳食中可以导致各种毒性反应,包括抑制生长。毒性最强的氨基酸是蛋氨酸、酪氨酸和组氨酸,当膳食中蛋白质含量低时,其危害最严重。

目前所观测到的关于人类膳食的实际作用,了解尚不充分,但是必须重视必需氨基酸模式的生物有效性的研究。在正常膳食蛋白质水平下,个体未必发生氨基酸不平衡的情况。

非必需氨基酸氮 非必需氨基酸氮的比例影响必需氨基酸的需要量。如果食物中必需氨基酸占全氮的比例太高,必需氨基酸将被用作非必需氨基酸的氮源。不管非必需氨基酸的特性如何,它们仍然是蛋白

质分子的主要部分。因此，它为合成蛋白质所必需。当非必需氨基酸供应不足时，有些必需氨基酸更容易为非必需氨基酸提供氮（ NH_2 ）。

食品加工 加工过程中的加热和使用化学品能影响氨基酸的有效性。还原糖如葡萄糖或乳糖存在时，适当的热处理会使有效赖氨酸发生损失。例如，在适当的加工过程中，糖和赖氨酸游离氨基一同反应，使赖氨酸变为无效。当蛋白质和糖在低温下一起贮存时也发生这种情况。在剧热情况下，糖和氧化类脂任一种存在，或者两者都不存在，食物蛋白质形成一个额外的化学键，变成不易消化的物质，其结果降低了全部氨基酸的有效性。少量糖促使形成更多的化学键。当蛋白质用碱进行强处理时，赖氨酸和胱氨酸被破坏，生成有毒的赖氨酸丙氨酸缩合物。氧化剂如氧化硫（ SO_2 ）的使用引起蛋白质中蛋氨酸的损失，生成蛋氨酸亚砷。

加热也能产生有利的结果。加热大豆粉使蛋氨酸更有效，从而提高蛋白质的利用率，加热生大豆破坏了蛋白质消化酶——胰蛋白酶的抑制物。煮鸡蛋破坏了蛋白中胰蛋白酶抑制物——卵类粘蛋白。

蛋白质营养不良 全世界普遍缺乏蛋白质。首要原因是在世界上很多不发达的地区，蛋白质的摄入量勉强够用，而因摄取的能量低，以至食用蛋白质不能全部完成其必须的功能。蛋白质-能量营养不良这个名词适用于蛋白质和能量缺乏的整个系列。其最终结果是形成加西卡病，这是一种由于蛋白质缺乏引起的严重临床综合症。有关蛋白质营养不良的资料如下：

加西卡病 婴儿断奶后，喂给象香蕉、薯蓣属植物和木薯之类的低蛋白质多淀粉食物，容易患加西卡病。断奶常常不是出于自愿而是由于新婴儿的诞生。婴儿的这种不平衡饮食，其蛋白质-热量比值不正常妨碍了机体的一些适应机制在饥饿和消瘦情况下（一种由于缺乏食物的消耗状态）采取措施。

在患加西卡病时，因为膳食中提供的适当能量降低了肾上腺反应，所以肌肉中蛋白质的分解和氨基酸的释放比消瘦时更少，因而肌肉中氨基酸的流速不能满足内部机体合成的需要。尤其重要的是肠胃内组织细胞的损失导致各种类型的养分吸收障碍。此外，蛋白质的严重缺乏导致消化酶的合成减少，消化酶一般是由胰腺或肠壁所分泌。因此，容易发生可能引起水分过多损失或脱水、无机盐损失和电解质不平衡的腹泻。

由于酶合成的蛋白质缺乏，所以肝功能大大地降低。还有，由于它没有能力使脂肪和蛋白质结合后在血中输送，所以形成肝中脂肪的积累。血中白蛋白

低和贫血病，都是由于缺少合成蛋白质的氨基酸之

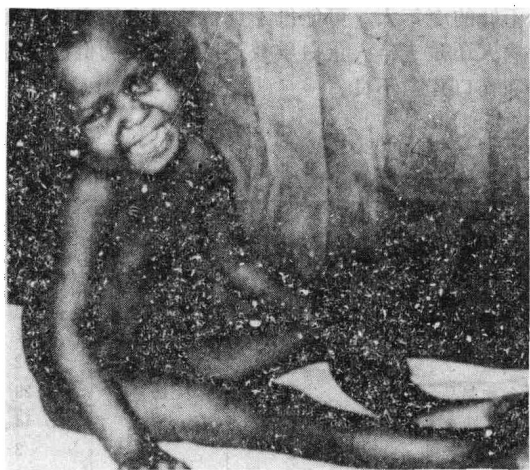
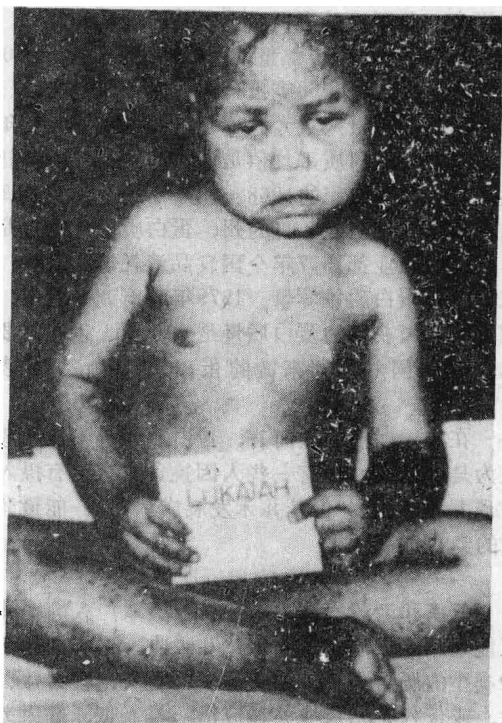


图 8 印度南部一个患加西卡病的 4 岁半儿童。上图：身体康复之前 Lukaiiah 的痛苦样子，体重 9.8 千克，在严重加西卡病时出现水肿，头发和皮肤发生变化。下图：康复后一个月，Lukaiiah 体重达 10.9 千克，水肿消失，皮肤正常，头发复原，Lukaiiah 表现快乐和调皮神态——象一个正常儿童。

故。水肿是血浆蛋白和电解质耗尽的结果。

由于抗体的产生极大减少，机体易患传染病。长期情况下，很可能延迟牙齿生长，造成牙珐琅质龋死，以及因贫血引起牙床和粘膜苍白。

除了生理上的变化之外还有一些精神的变化，象