

人体健康与营养： 利用同位素帮助克服“隐性饥饿”

稳定同位素和放射性同位素正在通过

多种途径对研究影响人体健康的严重营养问题作出贡献

Robert M. Parr
和
Carla R. Fjeld

各国卫生当局都在关注本国居民的营养状况。

在工业化国家，人们关心得较多的是与称作“营养过剩”有关的那些问题。随着富裕程度和城市化程度的提高，饮食的趋势是所含能量和脂肪特别是饱和脂肪越来越高。所含纤维和复合碳水化合物较少，酒精则较多。这些和其它一些危险因素，正在导致肥胖、高血压、心血管病、糖尿病、骨质疏松、贫血和某些癌症的发病率增加，从而带来巨大的社会开支和保健开支。

对发展中国家来说，它们的问题基本上位于另一个极端，即主要发生在穷人身上的“营养不足”（或称营养不良）是他们的大敌，这些人所遭受的营养不良影响种类最多，情况最严重。

某些统计数字确实向人们敲起了警钟。有 7.8 亿人（占发展中国家总人口的 20%）长期处于营养不足的境地。约 1.9 亿五岁以下儿童（包括亚洲的 1.5 亿多儿童和非洲的 2700 万儿童）身受低蛋白性营养不良之害。每天有 4 万名五岁以下儿童死亡，营养不良是个重要因素。100 多个发展中国家中的约 20 亿人身受微量营养素缺乏之害，这种缺乏能导致视觉缺损、智力发育迟缓甚至死亡。

许多问题并不是刚发现的——说真的，其中的多数问题已被人们认识到了多

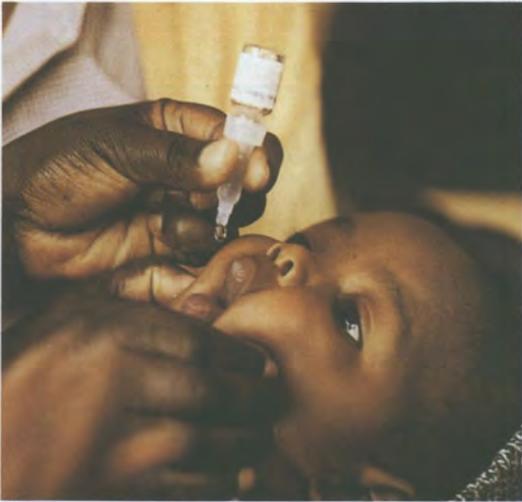
年。这些问题的严重程度因国因时而异，而且差别很大。近几年来，某些国家已经观察到与饮食有关的死亡率明显下降；但另有许多国家的这种死亡率明显增加。（参看第 20 页的图。）

构成这些趋势（特别是发展中国家中的这种趋势）的基础的营养问题，普遍与食物的绝对数量不足——明显饥饿——无关。在多数情况下，它们是由食物质量不够或缺乏多样性引起的，这种情况能导致维生素和不可缺少矿物质的缺乏。因为许多效应不是靠肉眼能立即看出来的，因而世界卫生组织（WHO）创造了“隐性饥饿”这个术语，用来描述这些问题。

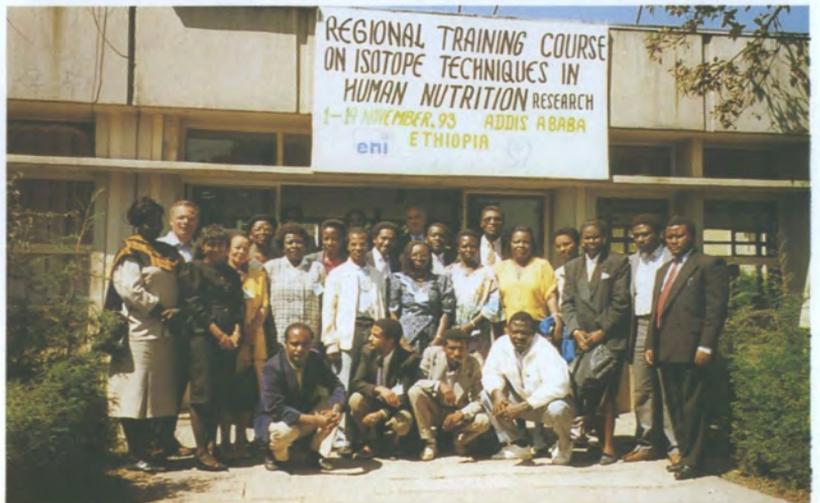
国际原子能机构（IAEA）正在用多种方式对旨在攻克隐性饥饿和其它营养问题的努力作出贡献。IAEA 介入这一努力的基本理由有两个。第一，充足的营养是任何一种增进健康的战略不可缺少的组成部分，IAEA 的《规约》也明文规定要将“扩大原子能对和平、健康和繁荣的贡献”作为各种计划的重要目标。第二，同位素技术在有关人体营养的专项研究、评估营养状况和监测营养干预计划的有效性方面，有多种多样的应用——其中有些是独一无二的。（参看第 21 页的表。）

本文将简单介绍人体营养领域的这些技术和它们的主要应用。还将说明 IAEA 的这些计划是如何致力于帮助解决特定的营养问题，特别是影响发展中国家妇女和儿童的那些问题的。

Parr 先生是 IAEA 人体健康处营养和与健康有关的环境研究科科长，Fjeld 女士是该科职员。



世界上数以亿计的男人、妇女和儿童营养不足，其起因不一。IAEA 正在通过各种计划支助研究营养问题和增进人体健康的工作，并常常把母亲与儿童的营养问题放在特别重要的位置。此项工作包括将核及相关技术用于研究营养不良和健康方面的各种问题的专项研究项目、技术援助和给科研人员开设的培训班——例如，右图即是 1993 年 11 月在埃塞俄比亚的斯亚贝巴举办的一期培训班。1990 年以来，IAEA 一直在支助 50 多个国家内的各种营养计划。（来源：AEA Technology; Schytte, WHO; R. Parr, IAEA）



全球营养宣言

近期在人体营养方面最有意义的事件之一,是由世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)1992年末在罗马召开的国际营养问题大会(ICN)。有史以来第一次要求参加国际论坛的各国政府除考虑现今仍然存在的饥饿和生存问题之外,还应将矛头对准营养和健康问题。这次大会的成果是《全球营养宣言》。该宣言是来自150多个国家的政府部长和高级决策人士,同非政府组织的代表一起通过的。该宣言的部分要点摘录如下:

- 使所有人保持良好的营养状况,这是使社会得到发展的先决条件……它应该是各项人类发展计划的关键目标,并应该是我们的社会—经济发展规划与战略的核心问题

- 从总体上看,有足够的食物可供所有人食用……主要问题在于利用方法不当

- 获得营养充足且安全的食品是每个人的权利

- 在非洲、亚洲和拉美与加勒比地区的部分地方,五岁以下儿童营养不良的状况非常普遍,人数也在不断增加……应特别重视这些儿童的营养问题

- 20多亿人——多半是妇女和儿童——缺乏一种以上的微量营养素

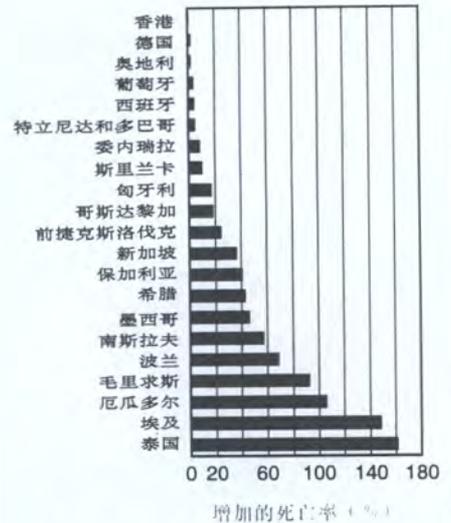
- 第四个联合国发展十年的营养目标包括……大大改善儿童的营养不良状况和减少儿童死亡率

- 儿童问题世界首脑会议的营养目标(预定2000年达到)包括:使严重和中等营养不良的五岁以下儿童数减少到1990年的一半;使妇女患缺铁性贫血的人数减少到1990年的三分之二;基本上消灭碘缺乏病;基本上消灭缺维生素A的现象及其后果;90年代末在所有国家中做到促进生长工作制度化并定期进行监测

- 除食物与营养监视系统以外,基础研究与应用研究对于更清楚地找出产生营养不良问题的原因及解决这些问题的方式方法都是需要的,特别是与妇女、儿童和老年人有关的问题

- FAO, WHO……等主管机构及其它的有关国际组织,应就如何适当优先考虑它们的与营养有关的计划和活动的方式方法作出决定,使这些计划和活动尽可能地确保有力地和协调一致地实施《营养问题的全球宣言和行动规划》中推荐的活动……这将包括酌情增加给成员国的援助。

与饮食有关的非传染性疾病的死亡率变化



注:数据适用于65岁以上的受试人员。被比较的是1960—1964年和1985—1989年两个时段的数据,共42个国家和地区。
来源:WHO

微量营养素不足:维生素和矿物质缺乏

问题简述。微量营养素——维生素和矿物质——在健康和发育方面起着多种作用。它们除了能预防某些特定的疾病外,还能保护母亲和儿童的生命,促进智力的发育,帮助抵御感染和增进人们的劳动能力。

微量营养素缺乏能从妊娠的那时起就带来危害,因为它们影响到对生长和其它

生理过程的调节。此类缺乏能导致需要一代以上的时间才能纠正的恶性循环:营养不良的母亲生出的孩子能把缺陷带到成人期,如果是女性,还能传给下一代。

缺铁是当今世界上最常见的一种营养缺乏。在婴儿期和幼年期,它能损害学习能力和抗病能力。它所引起的成年人倦怠乏力,降低了他们的劳动能力和照顾家人与家庭的能力。世界各地20亿以上的人贫血

IAEA 支助的人体营养计划统计数字 (1990—1994 年)

	研究和 技术援助*	培训和 研讨会**
阿根廷	1	
澳大利亚	2	
孟加拉国	4	1
玻利维亚	1	
巴西	2	2
喀麦隆	1	4
加拿大	2	1
智利	3	2
中国	3	2
捷克共和国	1	
埃塞俄比亚		4
芬兰	1	
法国	1	
德国	1	
加纳		2
危地马拉	2	
匈牙利	1	
印度	6	20
印度尼西亚	2	1
伊朗	1	
意大利	1	
牙买加	2	
肯尼亚		4
马达加斯加		1
马来西亚	3	2
毛里求斯		1
墨西哥	1	
缅甸	1	2
荷兰	1	
尼泊尔		1
尼日利亚		2
巴基斯坦	2	1
巴布亚新几内亚	1	
秘鲁	2	1
菲律宾	1	2
波兰	1	1
葡萄牙	1	
罗马尼亚	1	1
塞内加尔		2
塞拉利昂		2
斯洛文尼亚	2	
西班牙	1	
斯里兰卡	1	1
苏丹	1	2
坦桑尼亚		2
泰国	1	2
土耳其	1	
乌干达		1
联合王国	5	2
美国	11	4
前苏联	1	
委内瑞拉	1	1
扎伊尔		1

* 项目数(包括研究协定)。

** 参加者/学员人数。

或缺铁,其中大部分在发展中国家。经血的流失使育龄妇女特别容易患贫血症。贫血是母亲死亡率较高、新生儿体重低和婴儿死亡率增加的原因之一。

缺碘影响甲状腺激素的产量,这种激素支配着脑和神经系统的发育和功能,并调节身体的产热、散热及能量系统。甲状腺激素数量少既可降低体力又可降低智力。对孕妇来说,缺碘能引起流产和死产。它可以使胎儿或新生儿产生不可改变的脑损伤,并引起儿童智力发育迟缓。据估计,有10亿以上的人居住在具有缺碘风险的地区。2亿人患甲状腺肿病(即颈部甲状腺体肿大),2600万人因缺碘而智力发育迟缓。

缺维生素 A是引起可预防的儿童期视觉缺损的最常见原因,它还能降低免疫系统的效力和使生长发育迟缓。至少有4000万学龄前儿童缺乏维生素 A,其中1300万人的眼睛已受到某种损伤。每年最多有50万名学龄前儿童因缺乏维生素 A 而部分或彻底失明。其中的将近三分之二在失明后的数月内死亡。缺乏维生素 A 和别的重要营养素还使儿童更难抵御诸如麻疹、腹泻和呼吸道感染等疾病的严重后果。某些研究成果表明,即使中等程度的维生素 A 缺乏也能阻碍儿童的生长,增加其受感染的

人体营养研究中使用的部分同位素技术简介

技 术	应 用
放射性同位素示踪研究 (利用样品计数)	机体组成(氘标记的水) 铁的摄入量和生物可用率的体内研究(铁-59/铁-55) 铁的可渗透性的体外研究(铁-59)
放免分析	铁的状况(基于血清铁蛋白) 碘的状况(基于 T ₃ , T ₄ , TSH)
核分析技术(如 NAA)	粮食、饮食和人体组织的微量元素含量
全身计数	机体组成(肌肉组织重量——钾-40) 必要微量营养素〔如铁(铁-59)和锌(锌-65)〕的摄入量 和生物可用率
体内中子活化分析(NAA)	机体组成(全身氮,钙等)
稳定同位素示踪研究	机体组成(氘标记的水) 基质新陈代谢(碳-13 和氮-15 标记的氨基酸、脂肪等) 能量消耗(氘和氧-18 标记的水) 利用相应的稳定同位素测定重要微量营养素(如铁、锌和维生素 A)的摄入量和生物可用率

严重程度和死亡率,并可以增加爱滋病病毒试验呈阳性妇女将爱滋病病毒由母体传至胎儿的机会。

同位素技术用于研究微量营养素缺乏

对人体营养来说至关重要的许多微量营养素(维生素及微量元素),都能利用同位素技术进行研究。

铁。在有关铁营养问题的任何研究中,具有根本性意义的是人体以代谢活动形式实际摄入(如从食品或膳食摄入)的铁量。此事人们早已知道得很多。例如,吸收量与铁的来源(来自肉食或来自蔬菜)和是否存在维生素 C(来自水果和某些蔬菜)、植酸盐(来自某些谷物制品)或鞣酸(来自茶)之类的其它物质关系极大。但是,关于这些成分之间的相互作用,以及关于通过适当地选择当地可获得的食物和利用某些食品加工方法(如发酵和发芽)使铁的吸收优化的手段等许多问题,仍需继续研究。

同位素技术是唯一可直接用于测量铁摄入量和生物可用率的方法,并被正确地看成可供研究人体中铁使用的“金标准”。这种方法的最常见形式是建立在让放射性铁同位素(铁-55及铁-59)进入红细胞的基础之上的。具体做法是将待检验粮食或饮食在体外加上标记,并让挑选出的受试人员食用。在2—4周的一段时间内抽取血液样品,经处理后用液体闪烁计数器计数。另一种做法是利用全身计数器测量铁-59。最近,在某些国家中,已开始将使用可用质谱仪测量的稳定同位素(铁-54,-57和-58)看成一种更可取的技术,因为它不会引起辐射剂量,因而允许被用于对儿童和孕妇进行研究。

可供使用的一种替代操作——虽然准确度较小——是能够在不必求助于受试人员的情况下进行的操作。让待检食品在模拟胃里进行体外实验室消化。以低分子量形式释放的铁,是借助于透析过人造膜的铁-59示踪剂估计的。这是一种十分有用的快速筛选工具。

同位素方法对于以血清铁蛋白测量结

果为基础评估个体和群体的铁状况也是有用的。血清铁蛋白低意味着体内铁储备已耗竭,这是表示缺铁的最特异的检查结果。放免分析——不管是放射免疫分析(RIA)还是基于酶的分析(ELISA)——是当前唯一可供测量铁蛋白使用的技术。

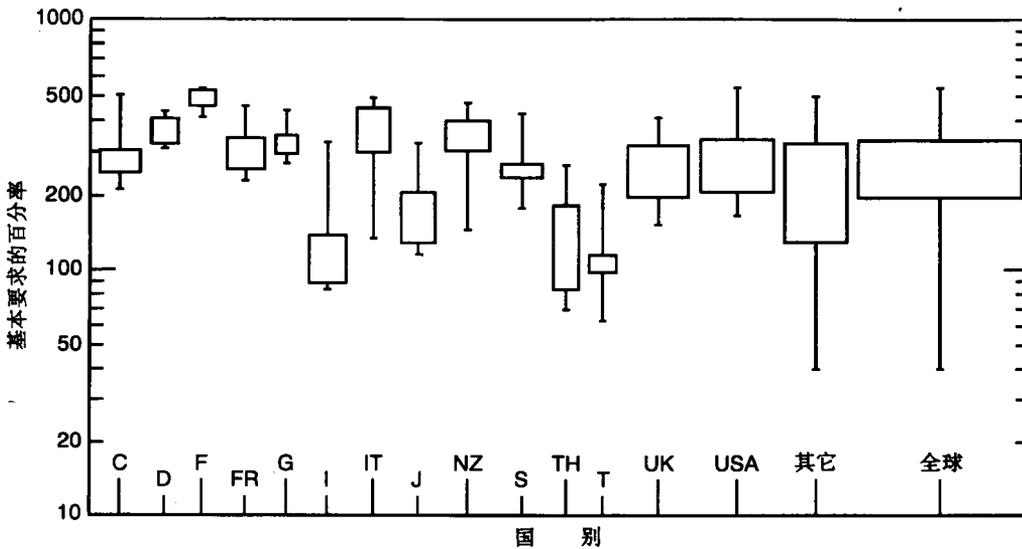
碘。地方性缺碘地区,通常是根据尿中的碘排泄量测定值发现的(使用非核技术)。但是,看一看血清中所含的与甲状腺有关的激素水平,有时也能获得有关个体或群体碘营养状况的有用附加信息。程度中等到严重的缺碘能导致甲状腺激素分泌模式改变,进而改变血清的浓度。放免分析就是可供此类测量使用的最佳技术。它依赖于使用起特异结合剂作用的抗体探测各种分析物(此处是与甲状腺有关的激素,诸如 T_3 , T_4 和TSH)。由于RIA和ELISA的特异性、灵敏度和“稳定性”都好,因而是两种适用的放免分析形式。对于早已在使用RIA的一些研究中心,这种技术往往是受人喜爱的,因为它比较稳定;此外,正如IAEA的几项计划所表明的,利用散装试剂可以使这种技术的费用效益特别高,某些试剂还可以在当地生产。

维生素 A。研究维生素 A 的同位素方法,尚未达到刚才提到的供研究其它微量营养素使用的方法那样成熟。但是,毫无疑问,它们在评估维生素 A 的状况方面(如根据同位素标记的瑞叮醇检验剂量的血浆清除率测定值评估)一定会有特别有价值的应用。对于人体研究来说,通常选用氘作为同位素标记物。

联合国儿童基金会和 WHO 等机构一直在实施预防维生素 A 缺乏症的许多大型计划,其中包括:补充维生素 A 的计划,修改膳食结构以增加维生素 A(此法较贵)或其先驱物 β -胡萝卜素(它来源于植物因而不贵)摄入量的计划,用维生素 A 强化食品的计划,以及母乳喂养计划。人们期望目前正在开发的同位素方法能大大改进发展中国家中的维生素 A 状况评估工作。

其它微量元素。同位素技术——特别是中子活化分析(NAA)之类的核分析方

锌的饮食摄入量： 不同国家中的研究 结果汇总



上图所示为不同国家的锌的饮食摄入量分布,用新的 WHO/FAO/IAEA 基本要求的百分率表示。这些结果表明,到目前为止,来自发展中国家的有关微量元素的饮食摄入量数据极少。在有数据的这么几个国家中,数据表明,在多数发展中国家中,锌的饮食摄入量至多只刚刚达到基本要求(其中有些国家的摄入量如与基本要求相比,实际还差一截)。这类调查的部分效果是,锌营养不足的范围也许比较宽的这种可能性,目前正开始引起负责营养问题的国际机构的注意。可以预料,在今后几年中,研究发展中国家中的锌营养问题的项目数将会快速增加。核技术在这一工作中有可能起重要作用,IAEA 目前打算于 1996 年开始执行一项有关这一专题的新计划。

图中所示的国家有:加拿大(C),丹麦(D),芬兰(F),法国(FR),德国(G),印度(I),意大利(IT),日本(J),新西兰(NZ),瑞典(S),泰国(TH),土耳其(T),联合王国(UK)和美国(USA)。属于“其它”类的国家有澳大利亚、比利时、巴西、中国、伊朗、马拉维、摩洛哥、缅甸、荷兰、尼日利亚、菲律宾、波兰、西班牙、苏丹、瑞士、前苏联和前南斯拉夫。“全球”类系指来自所有研究结果的整个数据集。

法——对于研究粮食和膳食中的微量元素是特别有用的。所关心的元素是铜、锰、硒和锌之类不可缺少的微量元素(加上前面已提到的铁和碘)及砷、镉和汞之类的有毒元素。近期在 16 个国家中实施的一项 IAEA 支助的研究计划中, NAA 就是可供分析 24 种所关心元素中的 14 种元素使用的最佳技术,并用作由另外 4 种元素组成的元素组的质量控制程序。

IAEA 在微量营养素缺乏领域的计划和规划。自 1990 年以来, IAEA 一直支助着在 11 个国家中实施的一项协调研究计划(CRP),其题目为“借助同位素研究人饮食中的铁和锌的生物可用率”。它的侧重点是获取规划和实施一国的营养计划所需的关键信息。这些计划涉及到饮食的多样化与改变膳食结构、食品强化与补充微量营养

素,以及评估干预行动的效力等。

预料这些工作将以与 WHO 合作的方式继续做下去。目前要做的工作是更好地了解下述两者之间的定量关系:一是从膳食中吸收的食物铁;另一是已知影响铁生物可用率的食物主要组分的数量。(用一个简单的例子可以说明这些相互作用的重要性,这就是边吃饭边喝茶几乎会完全阻止铁的吸收。)

1995—1996 年间,预计 IAEA 还将支助非洲和拉丁美洲的几个技术合作项目。除其它内容外,这些项目将设法利用当地的食物制品开发供儿童食用的富铁断奶食品。这一工作需要动用各种各样的体内和体外同位素技术,使用放射性同位素和稳定同位素做示踪剂。

关于碘的营养问题, IAEA 尚未直接

支助有关这一课题的工作。但是, IAEA 的许多计划一直在提供间接的支助,特别是有关将 RIA 用于诊断新生儿甲状腺机能低下(此病一般是由其母亲营养性缺碘所引起的)方面的支助。

IAEA 已制定了有关维生素 A 营养不良的几个新计划。其中包括计划于 1995 年开始执行的一项 CRP, 内容为开发评估维生素 A 状况用的新方法, 在可行之处采用现有的方法, 并开发解释同位素动态数据的新模型。其次, 将支助一个新的调查领域, 包括生产用碳和氢同位素作内在标记的食品以评估类胡萝卜素在特定的饮食和生理条件下的生物转化情况。第三, IAEA 将给在与 WHO 联合主办的营养干预项目中使用某些技术提供支助, 该项目将于 1994 年后期或 1995 年初在拉丁美洲开始执行。

至于微量元素, 通过 IAEA 支助的、由 16 个国家的 25 个研究小组参加的研究工作产生的数据, 早已被用于编写供“WHO/FAO/IAEA 关于人体营养中的微量元素的专家磋商会议”使用的工作文件。(即将出版的一份报告将提出维持良好健康所需的微量元素饮食摄入量的新数值。)此外, 这些数据已作为涉及 47 个不同国家的 35 种少量和微量元素饮食摄入量的数据库的输入。(参看第 23 页的图。)

母亲和儿童的特殊营养问题

对某些居民组(即母亲和儿童)来说, 与蛋白质有关的营养问题特别重要。幼儿期的饮食差, 加上腹泻、呼吸道和其它感染的协同作用, 导致生长不足, 延缓运动系统和智力的发育, 损害免疫能力和增加由感染性疾病引起并发症与死亡的风险率。

尽管这种形式的营养不良的部分原因是食物数量不足, 但更主要的是饮食质量差和多样性不够。感染又极大地造成低蛋白性营养不良。它引起一定程度的食欲缺乏, 代谢率增加, 以及把蛋白质和其它重要营养素从维持和生长转移至与感染作斗争所涉及的各种过程。

在发展中国家中, 五岁以下体质差的

儿童每年要患 5 至 10 次感染性疾病, 还有一些临床症状不明显的感染。轻度营养不良儿童死于某种疾病的风险率加倍, 中等营养不良儿童则增加两倍。

对妇女来说, 育龄期间缺乏蛋白质和能量能增加母亲分娩时的风险, 导致新生儿体重低和增加产前 5 个月内的胎儿至产后 1 个月内的婴儿的发病率和死亡率。每年出生的新生儿中, 有 2000 万以上体重偏低, 其中 90% 以上在发展中国家。这种情况多半是由母亲营养不良引起的。

持续获得数量充足的营养食品, 肯定有助于解决营养不足问题。但这不是一蹴而就的。在此事成为现实之前, 需制定有助于解决这些营养问题的干预措施。这样做的关键是要有能力作出准确的营养评估和推荐能改善营养状况又能高效利用稀缺资源的食物。同位素技术对于这些应用来说是唯一的, 也是非常合适的。

同位素技术在工业化国家中一直被广泛地用于提供重要信息, 这些信息对于过去 20 年中改进对蛋白质营养的了解, 和过去 10 年中改进对能量要求的了解, 都已作出很大贡献。这些知识可以被用来帮助人们设计切实可行的营养干预计划和监测此类计划的有效性。IAEA 在与蛋白质有关的营养领域的营养计划, 旨在给发展中国家传授成熟的同位素及相关技术(经修改或不经修改的), 并促进开发新的技术和操作方案。在美国另外提供的基金的帮助下, 此类工作自 1992 年以来已大大扩充。得益于这些计划最多的两个人群是母亲和儿童。

母亲的营养不良。世界各地的研究提供的资料证明, 针对营养不良母亲和儿童的营养计划, 增进了他(她)们的健康和幸福。此外, 正如在中美洲已得到证实的那样, 在一代人中采取的合适的营养补给措施, 能影响随后几代。在母亲营养方面较重要问题之一是妊娠期间的营养, 特别是与妊娠期间增加体重有关的营养。通常认为, 妊娠期间体重增加较多的母亲生出的孩子较健康, 能降低新生儿体重低的风险率。

同位素技术在改进妊娠结局的研究工

作中的应用。母亲在妊娠期间的机体组成——及其与饮食摄入量和妊娠结局的关系——可以用测量受孕前的机体组成并将它与妊娠期间和分娩后的机体组成相比较的办法加以评估。这些信息能成为评价妊娠营养要求——这是发展中国家中的一个关键问题——的部分依据。

具有广泛实用意义的另一个领域涉及妊娠的能量要求。由 FAO, WHO 和联合国大学(UNU)联合报道的许多估计值,是建立在公认的妊娠总能量需求估计值为 335 MJ 的基础之上的。不过,人们认为,观察到的整个妊娠期的能量需求增加不多这一事实,是伴随着的体力活动减少所致,未获得充足饮食的妇女尤其如此。总之,如果妊娠的能量要求得不到满足,结果不是新生儿体重低、妊娠期间劳动能力下降、或许需要作为授乳期间能源的脂肪储备量减少,就是体力活动减少。IAEA 仍在参与发展中国家中正在进行的利用同位素技术测量机体脂肪储备量的研究。

IAEA 支助的母亲营养计划。IAEA 一直在通过两种重要的方式对改善母亲妊娠期间的营养作出贡献。第一种方式是它与国际饮食能量协商组(IDECCG)共同支助关于借助双标记水(DLW)方法测量能量消耗的科学依据及其实际应用的报告。^{*}此外,IAEA 一直在支助有关妊娠期间能量消耗的若干项多中心的和单独的研究项目。其中有些项目的结果,给 FAO, WHO, IDECCG 和 UNU 正在进行的、重新评价饮食的能量要求的工作提供了部分依据。

这种 DLW 方法是一种直接量热法,由 Nathan Lifson 开发并经世界各地的研究者修改过。这种方法以加入一定剂量的氘与氧-18 之后它们从体液中排出的速率不同为基础。这两种同位素进入人体后,它们的命运是不同的;它们以不同的速率排出

——氘只以水的形式排出,而氧-18 以水和二氧化碳两种形式排出。因此,这两个排出率之差就是观察期间(一般是 4 至 21 天)二氧化碳产生量的量度。

出于几方面的理由,测量人体的能量消耗是很重要的。具体地说,它能给有关营养干预措施的各种评估工作提供十分有用的信息。例如,给先天营养不良儿童补充饮食,不仅可以增加生长用的能量,还可增加活动用的能量,因此它或许与学习或体育成绩有很大的关联。在妊娠或授乳母亲中,为维护妊娠和授乳也许不得不减少可供其它机能(包括体力活动)使用的能量。

在患变态反应性或囊性纤维化之类呼吸系统疾病的儿童中,医嘱的药物治疗可减轻他们的呼吸困难。但是,作为一种副作用,这种治疗可以增加能量消耗,因而对于体重的增加具有间接和消极的影响。

了解人体中需要能量的各种机能之间的相互影响,是如何提供合适的饮食摄入量的关键。为满足这种需求,需要拥有有关能量消耗的各种测量数据。

儿童的营养不良。对于低蛋白性营养不良儿童来说,其营养要求超过营养良好儿童。这是因为,除了需要给正常的维持和生长提供营养之外,还需要弥补体重的欠缺。因为生长状况是人们用得最多的衡量儿童营养状况的指标之一,分析偏离正常生长模式的程度,就能知道营养不足的严重程度及如何进行补救。通过合适的营养手段恢复营养不良儿童的正常体重及机体组成,就需要他们的机体组成是否已发生继发于营养亏损的变化方面的信息。

获得这些信息的一种途径是依靠人体测量术,这是一种通过测量体重、身高、臂围和皮肤皱襞厚度等估计机体组成的办法。当然,这只是一种估计。将人体测定值与机体组成联系起来的一些公式,是以人群的具体数值为基础的,被看作适用于个体。这些公式已对照用同位素及其它方法获得的较可靠的机体组成测定值验证过。

同位素技术在改进儿童营养的研究工作中的应用。一种已获得广泛应用的直接

^{*} *The Doubly Labelled Water Method for Measuring Energy Expenditure: Technical Recommendations for Use in Humans*. 该手册涵盖了该方法的大部分理论与实践方面,已分发给 38 个国家的研究工作者。详细资料可向作者索取。

方法同样是利用氦和氧-18 稀释法测量全身体液总量。生长分析不仅涉及测量身高体重,还包括评价机体组成。

利用氦和氧-18 可不使受试人员受到辐照和不牺牲测量精密度。大家一致认为,在涉及儿童或育龄妇女的研究工作中,或需要短时间内在同一人身上重复测量的应用中使用放射性示踪剂(如氦),那是不道德的。随着气体色谱法、红外吸收光谱法和同位素比质谱法等技术的进步,和这些方法的精密度变得可以接受,氦开始代替氦。不久前,氧-18 已被用作测量全身体液总量的示踪剂,因为它能避免示踪元素同体内非水氢交换,从而可避免高估体液总量的可能性。广泛使用氧-18 的最主要限制是费用,因为它的费用约为氦的 100 倍。

IAEA 支助的儿童营养计划。IAEA 已经通过几种重要的方式,并借助氦、氧-18 和碳-13,对改进严重营养不良儿童的膳食结构作出了贡献。人们利用有关机体组成、蛋白质沉积和能量消耗的测量数据,制定了供营养不良儿童使用的饮食疗法,这种疗法能在不牺牲肌肉组织量的情况下大大加速体重的增加。使用饮食干预措施的结果是入院治疗时间减少了 50%。

特别是在发展中国家的儿童中,营养不足和感染的协同作用,使可用于生长的营养素减少,能量储备耗竭以及发病率与死亡率大增。通过深入了解营养不良人群中的感染代谢效应,我们增强了提供合适食品以减少发病率与死亡率的能力。稳定同位素方法给了我们这种机会。我们正在一些新计划中应用同位素方法,以便测量特定的营养素传输蛋白质的合成速率,及测量人体为响应致免疫刺激而制造出的蛋白质的合成速率。来自发展中国家和工业化国家的科学家小组,现正在进行这两类研究。

例如,有一组调查人员正在为找出感染怎样改变儿童对蛋白质和氨基酸的饮食需求而工作。这项工作涉及到利用用碳-13 和氮-15 标记的氨基酸使特定感染对蛋白质的新陈代谢和合成代谢的相对影响

量化。这些同位素的富集度用气体色谱-质谱法(GCMS)、燃烧 GCMS 或同位素比质谱法测量。该小组还正在估测高海拔地区的生活对营养不良儿童的蛋白质新陈代谢的影响。他们已经制定并正在验证基础性的操作方案,内容涉及使用能在室外条件下进行的非侵入性操作在现场估测蛋白质及氨基酸的新陈代谢速率。该小组试图将这些数据用于开发肯定能非常高效地满足蛋白质与特定氨基酸的要求的补充食品,因而能产生使养分高效地用于生长的结果。

营养与老年人

受到与营养有关问题严重影响的另一人群组是老年人。在许多国家中,人们特别关注的是称作骨质疏松的疾病。这是老年人(特别是绝经后的妇女)易患的严重骨病,严重地限制着他们的生活质量,并给许多国家的保健系统带来越来越重的负担。其特征是骨质量低和骨组织微观结构变坏,导致脆性增加及随之而来的髌与椎骨折发生率增加。

关于这种疾病的病源学,关于不同国家人群之间发病率与严重程度方面的差别,以及如何预防这种疾病和发病时如何使诊断和治疗优化等方面,仍有许多问题有待深究。虽然普遍认为骨质疏松是一种多因素的疾病,但毫无疑问营养是有必要加以注意的最重要因素之一。饮食中也许很重要的许多成分中,包含着多种多样的少量元素(如钙、镁和钠)和微量元素(如镉、铜、锰和锌)。NAA 之类的核分析技术,特别适合于测定粮食、饮食和人体组织(包括骨)中的这些元素的含量。

IAEA 的一项有关此专题的新协调研究计划刚开始执行。它将侧重于测定每一研究人群中的峰值骨质量年龄,并使骨质密度的差别与被研究人群中个体的年龄与性别的函数关系量化。它还将使不同国家的被研究人群之间的差别量化。将利用 NAA 进行与各被研究人群中的个人的微量元素营养有关的补充性研究。 □

辐射问题、人体健康和营养研究

最近几年,人们对于与低水平辐射有关风险的了解已大大增加。随之而来的是,现在人们对科学研究中使用放射性同位素的担心程度也高得多,如果将它们施用于正常的健康受试者,则尤为担心(如果这些受试者刚好又是儿童或孕妇,则担心程度当然会达到顶峰)。

其实,在使用的放射性同位素技术中,许多是“体外”技术。这就是说,放射性同位素是在实验室里作为分析操作的一部分使用的,根本没有将放射性同位素施用于受试者。所以,对受试者来说,绝对不存在任何辐射危害。(唯一可能受到危害的是从事分析工作的科学家。通常他(或她)必须被归入辐射工作人员一类,并须遵守相应的操作规程,以尽量减少他(或她)及其同事们所受到的辐射剂量。这种可能的危害是极小的或者根本不存在,而且对于医务和其它类型的辐射工作人员来说,此类工作被普遍地认为是一种标准操作。)

当然,对某些类型的营养研究而言,费用效益最佳的做法是给受试者(志愿人员)服用或注射放射性同位素示踪剂。此类研究中投入的辐射剂量相当小。例如,在典型的利用铁-55/铁-59 双同位素技术进行铁摄入量的“体内”研究中,受到照射量最大的一些人体器官所受的剂量大约是 0.4 毫希(mSv)。这一剂量完全在正常的年本底辐射照射剂量的变动范围内(例如,因居住在不同的地球化学环境或不同的海拔高度而产生的变动)。如果用另一种方式表达,这一剂量小于现代的常规胸部 X 光诊断所引起的剂量,或者说它约相当于乘客乘飞机飞越大西洋 10 次所受到的额外辐射剂量。尽管此类剂量的数值完全处于 WHO 为涉及人体受试者的生物医学研究制订的国际道德准则所允许的范围内,人们现在还是普遍认为把儿童和孕妇排除在利用放射性同位素进行研究的范围之外是一种良好的实践。

特别是就儿童和孕妇而言,目前优先采用的是使用稳定同位素而不是放射性同位素(例如用铁-58 代替铁-59)作示踪剂的技术。尽管一般说来所涉及的整套方法比较难和比较贵,但使用稳定同位素不会给受试者带来任何辐射危害,所以即使用于对很小的儿童进行研究也可以被道德委员会所接受。IAEA 的许多计划也正在鼓励使用此类技术。

营养、免疫和低水平辐射。人们特别关心的另一个问题是辐射对免疫系统的影响。辐射只是可能影响人群的总体免疫水平的几个因素之一,其它因素包括营养和环境中的有毒化学物质。至今所进行的大多数免疫状况调查往往在某一时刻只是针对某个因素,其它因素普遍遭到忽视。在受到高于正常水平辐射照射的人群中,要分清辐射对免疫状况的影响有多大,其它因素的影响又有多大,一般来说是很困难的,甚至是不可能的。1994 年 5 月在维也纳 IAEA 总部举行的 IAEA/WHO 联合咨询组会议,使人们对其中的某些问题有了更多的了解。需要特别指出的是,该咨询组曾负责总结关于这些专题知道多少和关于目前的研究工作优先次序了解多少等问题,并就今后可以在协调研究计划(CRP)框架内组织的行动的目的和范围给 IAEA 出谋划策。拟议中的这项 CRP 计划预计 1996 年开始实施,将主要侧重于研究低水平辐射对人群免疫状况的影响。所考虑的主要变量是个体的辐射照射水平及营养状况。可能的被研究人群组包括居住在高辐射本底地区的人(例如,已知存在着天然的高辐射本底区的国家中的人,或高海拔区的人,或受切尔诺贝利事故影响地区的人)。可能的其它人群组包括辐射工作人员和铀矿工人。

营养和辐射防护。就辐射防护而言,可以较方便地以所谓的“参考人”为基础计算单个器官和全身的辐射剂量。“参考人”是一种概念化了的人体模型,其器官群、生理功能以及对辐射防护来说比较重要的其他特性都已用标准化的方法定义好。最近,IAEA 核安全处一直在依靠日本提供的经济援助实施一项计划,该计划的目的是通过收集供称作“亚洲参考人”使用的数据完善参考人的概念。预定该计划自 1995 年开始扩充一些重点研究营养和与之相关方面的新研究项目。首先考虑的元素包括铯、碘、锶、钍和铀。首先考虑的样品包括各国有代表性的全套膳食和单独的主食样品。分析工作将根据参与国所具备的设备情况,使用核及与核相关的分析技术,以及别的非核技术进行。