

核医学方法和设备在保健和医学研究中起重要作用，但目前不是所有国家都能从中受益。原子能机构、世界卫生组织和其他组织的努力旨在帮助发展中国家在它们自己的许多医院和实验室中配置核医学设备方面解决一些问题。照片从左上方起依次为：一个放射性药剂医学研究者；一个医院技术人员正在实验室中进行放射免疫分析；核显象；一个癌症研究者正在分析一张放射自显影图，图的黑色区域示出一些放射性DNA(脱氧核糖核酸)碎片。(来源：NEN)

## 促进

## 发展中国家

## 核医学的发展

### 综述原子能机构

### 在核医学领域的作用



Ramanik Ganatra 和 Mohamed Nofal

正如世界卫生组织（WHO）在一份技术报告中所述，核医学包括非密封放射性物质在疾病的诊断和治疗中或在医学研究中的全部应用。它不仅包括许多体内诊断方法，而且包括放射免疫分析（RIA）以及许多与体外诊断有关的方法。

在医学研究中，放射性核素的应用很多，不能用一个基础临床医学的定义把它们全包括进去。通常用“医学应用”这样一个综合性术语来包括放射性核素的临床应用和若干定向研究应用。因此，要区别两种类型放射性核素的医学应用：一种直接与病人的治疗有关，另一种有助于了解疾病的性质。在实用中，大部分核医学是诊断性质的。

虽然放射性核素在第二次世界大战前曾用于医学，但只是在新建的反应堆开始大量生产放射性核素以后，各种放射性核素才广泛用于医学目的。在某种意义上，可以说医学行业首先接触到原子能可怕的一面，然后才逐渐认识到这个怪物给医学界带来的真正好处。核医学发展的原动力不是它对保健的影响，而是寻求原子能越来越多应用的愿望——用它创造出尽可能多的奇迹，就象要翻看硬币难以捉摸的另一面一样。

### 核医学应用

不管核医学发展的道路怎样，在大约40年间它已发展

Ganatra 博士是机构的生命科学处医学应用科工作人员，Nofal 博士是该处处长。

到这样的程度，即没有任何一种临床专业不是由于一种或另一种放射性核素的医学应用而受益。

核医学在诊断上的应用有三个方面的问题：（1）临床问题；（2）给病人服用的放射性药物；（3）要有一种仪器，它既能从外部检测体内放射性，也能在体外检测血、尿和脑脊髓液中的放射性。单用体外检测方法时，不给病人服用放射性药物，而是把放射性标记物加入到临床样品，例如试管中的血液中去。

下面是核医学的4种主要应用。在此，对每种应用仅举一例，因为全部列出太占篇幅。

- 服用放射性核素药物后，在体外检测体内的放射性。这包括（1）脏器显象，例如肝脏显象；（2）非显象的功能研究，例如肾图（用图解方法描述放射性标记物的肾排泄过程）。

- 服用放射性核素药物后，在体外检测临床洗脱物中的放射性。这包括：（1）吸收研究，例如维生素B-12的吸收；（2）人体组成的研究，例如人体总水量；（3）新陈代谢的研究，例如蛋白质更新；（4）血液学应用，例如红细胞寿命。

- 病人不服用放射性药物的体外分析。例如激素的放射免疫分析（RIA）。

- 放射性同位素疗法，例如用放射性碘治疗甲状腺癌。

构成所有这些诊断研究的基本概念是放射性同位素都用作示踪剂。它们会跟踪某种生理现象，因为其行为在某种意义上是与人体中天然生理物质一样的。放射性同位素

象侦探一样跟踪人体中生物学事件。经伪装的放射性标记示踪剂可转送人体内不同部位、不同时间正在发生的信息。高度灵敏和精密的现代化电子仪器可以探测到放射性物质的辐射。因此人们可以探测出数量（例如甲状腺吸收多少）、体积（例如血液体积）、速率（例如肾图）或生物反应的模式（例如在生物化学应用方面）。

在附框中，专门考虑了两个最重要的研究项目，即显象和放射免疫分析（见附框）。

### 关于医疗管理

虽然核医学基本上是诊断性质的，但其声誉主要基于它具有既普遍适用又不使人致病的特性。一套基本仪器可满足多种学科的需要；而一套脑电图仪这样的专门仪器只对神经病学家有用，对其它人无用。这些技术设备虽然灵敏，但常常可能不是专用设备。它们可能不能确诊，但可以排除某些可能性，因此可免去许多其它费钱的检查，例如在脑的影象中有占位性病变存在不能确定病变的性质。事实上，总是需要进行许多其它的检查才能得到明确的诊断。另一方面，一个阴性脑扫描可排除占位性病变存在的可能性，因而不需要作进一步的神经病学检查。这些检查可能要花很多钱，并且有时还会引起外伤。

让我们根据这种情况来设想现有核医学方法的效用：

- 有助于建立一种可靠的专门诊断方法，例如甲状腺功能试验。
- 可以排除一些特殊性质的诊断方法，例如用于占位性病变检查的闪烁扫描术。
- 有助于对病人作跟踪检查，例如核心脏病学。一旦得到可靠的诊断和给出正确的疗法，各种放射性核素方法的不使人致病的特点使得它们很适合于对病人作跟踪检查。

### 发展中国家的核医学

核医学是作为核技术全面发展的一个副产物而出现。因此，目前核医学的技术已在一些具有仪器研制条件和必要的放射性药物的发达国家里发展起来。现在已不难从市场上买到各式各样的仪器。放射性药物商品也已有多种，它们可从几个国际供应点供给不同国家。

核医学不能再看成是深奥和奇异的医学学科了。各种各样的放射性核素的医学应用已经证实，它们有能力去拯救生命、恢复健康、预示疾病的原因和减轻痛苦。现在没有一个医学部门，没有感到核医学技术的重大影响。随着放射性核素在医学应用中的这种多学科的扩大，有希望为发展中国家（只要那里有核医学实践的适当基础）的保健医疗总体规划中的核医学提供充足的设施。

发展中国家在其社会环境中建立核医学，的确面临着若干问题。为了在医院的医疗服务中生存下去，核医学单位应当具有广泛的检验技能，应能满足从不同临床学科转来的大量病人的需要，并且应能对大量诊断问题以不使人致病的方式作出灵敏的和明确的回答。

核医学服务需要技术先进的设备和定期供应的放射性药物，以及训练有素的工作人员，后一点是最重要的。所有这些在发展中国家都是不容易得到的。设备昂贵，又难以保养到最优工作状态。放射性药物不得不从国外进口，其供应因种种原因而不稳定。发展中国家常常派人员去发达国家接受培训，但他们回国后发现难以在当地条件下进行工作。放射免疫分析是比较简单的体外分析方法，它不需要昂贵的仪器；但是，对于大量样品的各种分析确保准确性和质量，也常常超出第三世界医院拥有的手段。

### 方法的使用率

美国核医学方法的使用率是33次每1000人年。<sup>\*</sup> 这必定比发展中国家的使用率高得多。

虽然还没有得到关于核医学的直接估计值，但人们可以认为，核医学的情况有些类似于放射学检查。把世界作为一个整体来看，每5000个居民就有一台X光机；但在非洲和东南亚的发展中国家，每60000或100000人才有一台。世界卫生组织辐射医学科的N. Racoveanu先生说，据报道，发达国家的放射学检查率为1000次每1000人年；而发展中国家的平均检查率，却低于10次每1000人年。就核医学来说，其状况无论如何不会更好。核医学的相应比率可能比放射学的低得多。

### 原子能机构援助的途径和手段

原子能机构目前在核医学领域的努力，旨在帮助发展中国家在它们的医院中提高核医学能力。这是机构关于把技术从发达国家转移给发展中国家的重大目标的一部分。这些努力分为下列方式：

- **技术援助。** 在1985年的技术援助资金中，有318万美元花在援助41个国家的有关保健项目。这笔钱占整个技术援助预算的9.5%。大部分援助用于建立体内和体外检测核医学设施。核医学的应用需要昂贵的电子设备和定期供应的放射性药剂。这些设备和药剂常常不能在本地得到，因此需要良好的航空联络系统和顺利的海关放行手续。这些仪器需要保持在最优环境中，需要一些保养和维修的配套

<sup>\*</sup> 参阅“Trends and utilization of medicine in the United States”，by F. Mettler, A. Williams et al., *Journal of Nuclear Medicine*, 26, 201 (1985).

设施。所有这些限制条件会把建立核医学限制在少数几个有一定基础的国家里，而且限制在这些国家市中心的几家大医院里。

● **培训班。**十余年来，机构在核医学方面为发展中国家学员组织了一年一度的地区性培训班和学习参观。目前的工作主要是为这个培训班选择一些医师。培训班主要介绍现行的临床核医学技术的综合情况。向学员提供下述方面的理论和实践培训：放射性同位素的一般诊断和治疗应用，放射性同位素的安全处理，放射药物学的一般原理，体外和体内核医学方法的分析、解释和质量控制，医院中核医学服务的组织问题，以及有关辐射与放射性的物理学的一般基础教育。此外，机构的生命科学处还就核医学的专门课题，例如显象仪器的质量控制、放射免疫分析和核医学设备的维修等在世界各地经常组织各种短期培训班和学术讨论会。

● **专家援助。**培训的最重要方面之一是由一个公认的专家在发展中国家作现场指导。这个专家可能通晓核医学领域的某些方面或所有方面。专家执行任务的时间可能是数月，也可能长至一年。当复杂的设备供给一个国家时，援助项目通常包括派一名专家去对仪器操作和有关技术方面的工作人员进行培训。在1985年，向核医学领域的69个援助项目提供了72人月的专家服务。

● **培训金培训。**任何国家建立核医学设施的最终目的是要有训练有素的当地人员去从事核医学单位的临床和技术工作。为此，将具有所需证书的当地人员派往国外，到一个适当的研究机构进行为期几个月到几年的综合性培训。例如1985年期间，为核医学领域提供的培训金培训为388人月。

● **会议：专题讨论会、讨论会。**这些会议的目的在使来自不同国家的科学家之间交换意见。在1985年，机构与世界卫生组织合作，组织了一次“发展中国家的核医学及有关核技术的医学应用”国际讨论会。<sup>\*</sup> 打算将来举办一次“核医学中动态功能研究”专题讨论会，和一次“核医学培训”讨论会。

● **研究合同。**各国目前采用的许多临床核医学规定可能不太适合于发展中国家。有必要用不太先进的仪器和容易得到的放射性药剂来简化核医学的程序和工作。这种适应发展中国家实验室需要的技术的过程，是机构的计划所鼓励的。该方法承认一个事实：先进方法不会被采用，而需要适应发展中国家的现状。考虑到这种适应过程，机构提出了下述课题的协调研究计划：（1）最优甲状腺功能紊乱的诊断和治疗的核医学方法；（2）肝脏疾病诊断的

核显象方法的定量评价；（3）对实施核医学仪器质量控制程序的影响研究；（4）核实验室维修计划的制定和实施；（5）放射性核素在寄生虫病诊断中的应用；（6）与激素有关的甲状腺放射免疫分析的外部质量评价。

## 放射免疫分析：了解健康的方法

放射免疫分析（RIA）的成就是核医学史上光辉的篇章——由于Rosalyn Yalow女士因在放射免疫分析方面的杰出工作而获得1977年诺贝尔奖金一事，它已经得到公认。这种分析方法可以提供定量的和特殊的测量手段，来测量从病人身上抽取的临床试样（例如血液）中大量重要的生物物质，这里，如同核显象一样，其基本原理是示踪剂的作用。人们试图用放射性标记的激素来跟踪含有结合剂的血样中激素的结合和未结合部分。

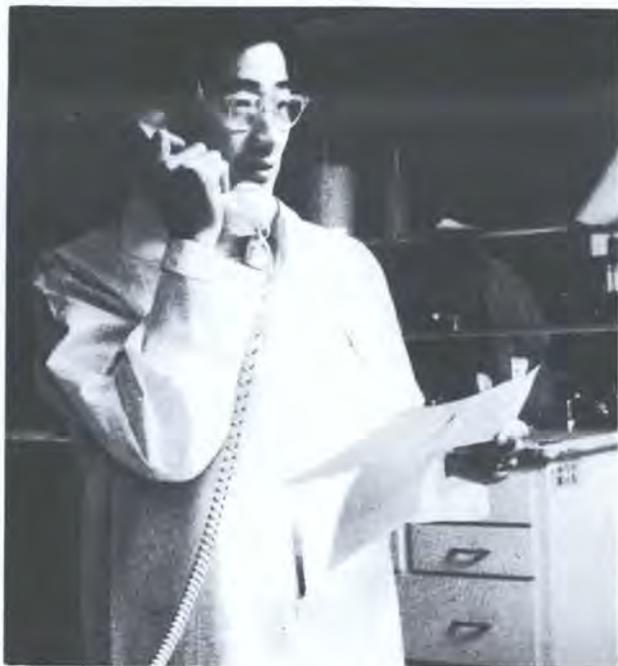
生命是通过成千上万复杂的有机分子的相互平衡作用而维持下来的。这些分子含有几个到数千个原子，而且这些分子在生物液中的浓度范围从百分之几到十亿分之几。这类分子相互之间的许多差异几乎是微不足道的，然而它们的功能却相差很大。在放射免疫分析出现以前，对这类物质的分析多数是困难的或不可能的，因而对生物化学过程的了解相当有限。

放射免疫分析带来两个关键的创新：首先它引入一种高灵敏度和高特异性的“试剂”，即称为抗体的特种生物分子，来分离感兴趣的特殊物质。其次，它利用放射性示踪剂对那些分离出来的极少量分子作定量分析。

放射免疫分析是放射性核素的一种医学应用，这种技术比较简单。放射免疫分析及与之相关的技术在医学诊断和研究中已起了巨大的作用。今天，已用这些方法测定了数百种不同的物质，其中包括：激素、维生素、药剂、药物，传染病毒和寄生虫的脱落物，恶性肿瘤释放的物质以及其它许多物质。全世界每年对这些技术的投资超过10亿美元。在发达国家住院治疗的病人中，约有10—20%在诊断时使用了这些技术。发展中国家自然也希望把这些方法引进他们自己的保健系统。<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> 见 “The promotion of RIA in human health”; by R. Dudley, in the IAEA Bulletin, Vol 25, No. 2 (June 1983).

<sup>\*</sup> 会议录现在可从原子能机构得到，如欲订购，请参阅“最新出版物”栏。



专家援助是机构核医学方面的培训计划的重要组成部分。(来源: NEN)

机构的研究合同必须适应世界核医学的目前趋势和认识核医学在病人的全部治疗中将起的作用。这些都是机构未来计划发展中的重要组成部分。

### 趋势和新方向

核医学是从用示踪剂研究人体功能和血流而开始的。各种扫描器的出现和能富集于某些脏器的新放射性药物的出现,使核医学医生专心研究各种脏器的显象。多年来,除了放射学以外,核医学是唯一可用于这种显象的技术。现在情况已不再是这样了,已有其它具有竞争力的显象技术可用,例如超声技术、计算机化轴向X射线断层照相技术(CAT)和核磁共振技术。每种技术都有其固有的优点和局限性,一个医院的主管人面临着这些技术的选择问题。他的医院应该开展哪一种显象服务?医生也面临类似的困境:哪一种显象技术最适于他的病人?

人们对核医学的认识有一个逐步深入的过程,其主要作用不在于找寻解剖学缺陷或对结构异常的研究,而在于研究人体功能随时间而变的状况,换句话说,研究放射性药剂某一时期在人体内变化的分布状况。这种研究可得到各种脏器功能的重要数据。这种认识导致人们特别注意研究心血管和大脑的功能,因此近几年来核医学的新数据急

剧增长。到目前为止,这些数据是利用专门的仪器和回旋加速器生产的放射性药剂得到的。现在看来,一些钨-99m标记的、用于大脑和心肌的新放射性药物即将问世,这就有可能用常规 $\gamma$ 照相机作体内脑和心脏功能研究。

### 放射性药物

核医学的未来与放射性药物领域的发展密切相关。在所有其它显象方式中,人们只需要仪器和病人;而在核医学中,人们还需要适当的放射性药物。核医学的这个缺点也是它的优点。可以发展各式各样的新放射性药物,每种药物能跟踪人体的一种功能。这可增加核医学的广泛适应性和精湛的技巧。看来大量放射性药物正在产生,核医学的许多更有效的诊断应用即将出现。

另一新方向也与放射性药物有关,这就是发展各种用适当放射性核素标记的专用单克隆抗体,目标指向抗原,既用于显象又用于治疗。针对这些专门抗原或受体的放射性药剂,很可能把免疫学的特异性与放射性同位素的灵敏性在单项研究中结合起来。

同时,对放射免疫分析这样的体外分析所提供的大量数据,会有一个逐步深入认识的过程。人们不必看见疾病,如某种影象上的一种病变或受影响的脏器。有可能用循环血液中疾病的生物学标志的形式来探测“时间沙滩上的足印”。用来诊断和处理癌症患者的肿瘤标志和传染疾病中抗原和抗体的测定,可能是这方面最活跃的两个领域。

医学中核技术最重要的应用是研究疾病的病理生理学。在这方面机构认真地做了促进放射性核素在对付发展中国家共有的某些传染性疾病中的应用。在过去10年中,放射免疫分析专门用于了解内分泌紊乱;今后10年,将用于了解传染病。

正如并非所有放射免疫分析对内分泌疾病的诊断都有效一样,有关传染病的放射免疫分析在现阶段可能也有一部分有诊断的意义。然而,它有助于更好地了解宿主和寄生虫的关系。这种核技术在寄生虫病方面的应用范围对医学部门来说是异乎寻常的,机构对这种新方针的鼓励是值得注意的。(参阅本期有关文章)

### 研究中的反向趋势

同时,研究中还存在反向的趋势。研究正在继续从较复杂的技术向较简单的技术发展。复杂的心血管学研究,可用专用计算机辅助的 $\gamma$ 照相机来进行。但在较简单的技术中,虽然不那么先进,只用一个带有小型微处理机装置的探针(一种“核听诊器”)也能得到同样的诊断数据。存在一种相反的趋势:从回旋加速器生产的放射性药物向

用钨-99m标记的放射性药物发展,从 $\gamma$ 照相机向单个探针(为取得预先定位动态功能数据)发展,从自动常规放射免疫分析向革新的新放射免疫分析(用“自产”抗体和简单的手工计算器)发展。这是一种健康的迹象,因为技术的简化会导致核医学技术的广泛传播,而不是只在少数研究机构中孤立地发展。

令人非常满意的事情是对核医学的研究活动有了总的认识。它基本上是生理学和生物化学领域的一种示踪剂研究。显象技术对它来说是次要的。重要的事情是在每种方法中都要跟踪一种特殊的生物学过程。

### 未来计划

在发达国家,核医学已转到若干新方向。它们日益依赖回旋加速器生产的放射性核素。正电子发射断层照相法(PET),使用这种加速器生产的超短半衰期放射性核素已在神经生理学方面显示了值得注意的成就;使用单克隆抗体的新的生物工艺学对体内和体外研究作出了贡献。许多这样的新发展是发展中国家力所不及的。目前在发达国家中实行的核医学是一种昂贵的高技术医学。这些发达国家也打算简化技术,以控制费用。

另一方面,要为发展中国家寻求比较简单而可靠的技术,因为可用来建立新技术的资金是有限的。有一个为现有的技术和将来希望有的技术之间的鸿沟架设桥梁的自然过程。机构未来几年的努力应当为现有的鸿沟架设桥梁,应帮助在这个自然过程中向着简化技术和控制费用的方向发展。

技术援助的水平必须提高,因为许多国家现在随时准备丢掉它们的老式低速直线扫描器,并且渴望得到 $\gamma$ 照相机和计算机配套装置。这就需要预先制定计划,为这种医院用设备建立一些维修设施。现在已有许多核和非核的不使人致病的检查方式可用。在医生可选用各种有竞争力的诊断技术的情况下,有必要对每一种诊断检查作适当的科学的成本/受益研究或功效研究。这些研究除了能对各个患者作出判定之外,还会帮助发展中国家决定它们的重点,即它们应当发展什么技术和可以放弃什么技术。

对新技术的热心很可能使医生们忘掉质量控制的一些重要问题。在核医学中有不同层次的质量控制:仪器、放射性药剂、体外分析、技术人员和医生的培训等方面。这也是原子能机构这样的国际组织应该给予鼓励和支持的一个方面。

### 适当的技术

前面在“研究中的反向趋势”中所述的技术发展,实

### 核显象

放射性同位素显象最初是逐点绘出体内放射性碘在甲状腺中的分布情况。后来,用灵敏的自动探测器在预选部位上前后左右移动取代了手动绘图。不久,人们不再需要在脏器上移动探测器来逐点观察了。一部大探测器可以同时检查整个脏器,并且可用电子学方法绘出探测器所看到的每一点的情况。用这种称为 $\gamma$ 照相机的仪器,可以进行时间相关动态研究,因为在不同的时间点上可以依次获得整个脏器或其一部分的影象。

放射性同位素显象产生解剖学构架组织的一种功能影象。对于被观察的脏器来说,首先要使放射性药物集中定位在该脏器上。在功能正常的情况下,这样的定位产生一特征图。万一某一部位有病理功能时,该部位上的放射性药物浓度就异常。

X射线和核显象尽管外观上是相似的,但它们之间却存在很大的不同。用射线照相法,X射线束穿过人体时,人体组织是被动的中间物,可以看到的是由人体组织的插进引起的射线束的变化,得到的影象与脏器功能无关,而且不管受照者是死还是活,结果都一样。

在核显象中,可以观察到放射性物质随时间通过脏器的转移。它们之间的差别是很大的,尤如照相和照镜子的差别。照相显示的是一种固定时间的实体影象,而镜子可反映出不断变化的实物形态。

就核显象来说,在所关心的脏器内必须聚集高浓度的专用放射性药物。为了在几秒钟的时间内,观察一脏器内所关心的小部位,必须把大量放射性药物注射到病人体内,使所关心部位发出足够强的电子信号,并以统计有效的方式在显示器上显示出来。只有使用短半衰期放射性药物,才不会对病人造成伤害。这些放射性药物通常可以从“实验室发生器”获得。目前核医学广泛使用的钨-99m和钼-113m、两种放射性核素就是由发生器产生的。实验室发生器是一种装置,其中一种长半衰期放射性核素“母牛”可以产生出短半衰期的子体。这种子体可以方便地用于不同的临床显象方法所需的各种配方中。

有关核显象的进展和发展趋势的更多情况,请参阅本刊本期的有关文章。

际上是“适当技术”的发展。通过鼓励这类研究会促进这个过程,使得有可能做到,在大医院用最高水平技术得到的成果,能够提供给许多设备较差和资金不足的小医院。

用放射免疫分析和其它类似技术研究传染病，使人们有希望进一步搞清基本免疫过程和病原体之间的相互关系。除了诊断数据以外，它可使人们更深入地了解疾病的生物学过程。对发展中国家在这个领域的研究，应当适当提供资金和支持。

功能研究是核医学的发展趋势，这些研究当然需要某种类型的计算机。随着计算机在发展中国家应用的日益广泛（在机场、饭店和银行），支持核医学的工具也一定会日益普及。如果我们今天想把内燃机引入发展中国家，人们会说这是不可能的。还是考察一下卡车和载料车是怎样在发展中国家的最原始条件下行驶为好。需要的是认识、

接受和在医院计划中并入核医学的愿望。机构必须支持这种持续演变的过程，并且加速事情的顺利进展。

原子能机构和世界卫生组织等一些国际组织对核医学领域的兴趣有许多一致之处。机构在核医学方面的许多活动是与世界卫生组织合作进行的；这两个组织在以后涉及到核医学的许多活动中，也必须密切协作。

既然正如世界卫生组织已宣布的那样，我们的目标是“到2000年所有人都健康”，就不能忽视培育这种在疾病诊断与治疗方面如此重要的“20世纪技术”。原子能机构的一个目标是“加速和扩大原子能对世界和平、健康与繁荣”的贡献。核医学的创立是朝这个方向迈出的一步。