

国外对原子医学的看法

(介绍国际原子能机构及世界卫生组织专

家委员会于 1976 年发表的一份报告)

国际原子能机构及世界卫生组织于 1975 年 10 月 20 日至 27 日在日内瓦联合召开了医用电离辐射和放射性同位素专家委员会会议。该委员会的任务是回顾原子医学方法的现代技术进展,并推荐建立不同水平医疗机构原子医学部门的最优手段。该委员会的成员由尼日利亚、奥地利、日本、伊朗、美国、法国、捷克、伊拉克及苏联的代表组成。世界卫生组织的三个原子医学合作中心以及几个有关国际学会也派代表出席了这次会议。会议综合了与会者的观点,写出一份报告,即《世界卫生组织第 591 号技术报告——原子医学》以下简称《报告》)。本文仅就《报告》的内容,特别是其中一些有参考意义的或值得引起注意的观点,作一简略的介绍。

《报告》共分总论,不同类型的医学机构及医院、原子医学部门的要求,原子医学部门的组织形式、投资、成本--效果问题、结论和建议等七部分。另有七个附件及参考资料。

原子医学的重要性及展望

《报告》认为,人工放射性同位素于过去二十年中在生物学、生理学、化学及医学(包括治疗)研究中起了日益重要的作用。原子医学这一新学科已逐渐形成。它是现代医学诊断、治疗及研究工作中的

重要组成部分。每一国家在全国保健规划里都应当考虑如何充分利用这门学科。

原子医学方法对社会及人民的保健作出了有意义的贡献。已广泛用于普查、诊断、治疗及推测疾病的预后。《报告》建议,在新建的医疗单位中,原子医学部门应比其他诊断及保健部门处于优先发展的地位。在对器官有特殊影响的一些疾病,整体器官显影方法是比其他方法更优越的诊断工具。体外方法,尤其是放射免疫分析技术,对于一些疾病的确诊及各种指标的定量测量,和对于药物成瘾、药物中毒、营养状况、代谢异常、免疫病理及恶性变的估计,也很有价值。当然,只有具备标准化与自动化条件,才有可能快速测定大量体外样品。在治疗上,“开放”型放射性材料,已用于减低甲状腺、骨髓及滑膜等组织及器官的病理活动;并治疗某些癌症,防止其扩散到其他组织及器官,部分代替了内外科疗法,减低了发病率及死亡率。

用放射性同位素的医学研究包括很广阔的范围,从整体到体外,从人到实验动物。药物代谢途径及作用方式的研究,特异的新诊断方法的建立,以及人类疾病病理生理及生化本质的探讨,都是一些明显的例子。

在常见病、多发病的研究与控制中,放射性同位素的应用可开辟有效的新途

径,这种技术对公共卫生的贡献也是极为可贵的。例如标记抗原的应用有助于仔细观察人类对疾病及其他环境因素的免疫反应;钩虫感染引起的失血曾用标记红细胞来研究;用放射性同位素研究铁的吸收,增进了对社会营养状况的认识。放射性同位素在解决饮水、废物处理、病媒控制、寄生虫感染的控制等问题,也值得考虑。以上都是预防医学中的一些主要问题。

对于原子医学今后发展的趋势,《报告》作出一些推测:

1.连续观察机能的动态显影将日益重要,在原子医学的高级中心,闪烁照相机可能成为非用不可的工具。静态显影将变得次要;它最终只能补充器官显影的一些非放射性技术。

2.仪器设计上可能有所突破,大大改进 γ 照相机,降低其价格,并提高其使用价值。另一可能性是,在显影装置上,进一步改良仅能得到有限的效果,而且费钱到不值得投资的地步。

3.原子医学潜力的显著发挥可能出现在新放射性药物的应用,如采用超短半衰期的、能聚集于特殊病灶的、或在物理性质上比现有药剂更优异的放射性药物。

4.一旦加速器生产的放射性同位素扩大供应,它们的应用可能为原子医学展现新的前景。随着加速器生产的 ^{123}I 的供应增多,把具有生物活性的化合物加以碘化,以用于显影的设想可能会复活。

5.免疫分析技术不一定总要采用放射性标记物质。在不用放射性标记的情况下,免疫分析工作就未必永远是原子医学机构非承担不可的任务。

6.原子医学专业发展迅速。为了将来的现代化,原子医学事业的设计者在考虑用地面积及所需资金时,必须酌量放宽才

对。

《报告》很重视原子医学方法与非放射性方法的比较。原子医学技术之所以受欢迎,是因为它基本具有非创伤性的特征,也因为给病人的痛苦或危害是最低限度的。然而,原子医学技术远不是完全无害的。在适当应用的情况下,对病人的辐射损伤可忽略不计;而在使用不当时,对病人的危害可能是严重的。

器官显影是近代放射性同位素主要用途之一。用超声波及用电子计算机辅助的断层摄影法也能得到影象。前者依靠高频率音波被折回而产生的图形显示;后者用X线吸收的变化表示出不同组织之间密度的相对差别。这两种显影新技术都不给病人任何放射性药品。它们还在发展阶段,但在某些领域(如脑显影)计算机断层摄影法已轰动一时,似乎大有超过原子医学中脑扫描的趋势。不过,在原子医学,与超声波或计算机断层摄影法相比,显影与其说是解剖形态的,不如说是功能的。只有用放射性同位素才能实现的动态显影,很可能是上述新技术永远难以代替的。再过些时候,每种显影方法的弱点、缺陷与潜力都将更好地被认识,极可能它们将彼此互相补充。(本文作者注:事实上,1976年国外有的研究所已把同位素和计算机断层摄影法结合起来,创造了所谓PETT [positron emission transverse tomography] 装置,用外部探头显示发射正电子的同位素在器官中某一横断面上的分布。)

组 织 形 式

《报告》讨论了原子医学部门集中与分散的问题。集中,或形成中心,有以下的优点:

1.射线防护上更有效、更经济;废物

处理上更易于控制;放射性药品的登记上,也便于有效管理。

2.更有效地利用贵重的计数装置。

3.对放射性药品(尤其是发生器)的利用也更经济。

4.便于补充高水平的专业技术人员,如物理、化学及电子学专业干部。他们能对临床及研究工作提供指导性的意见。

5.有利于对技术员、大学生、研究生及在职医生有效地授与基本教育及不断地进行再教育与提高。

然而,在某些情况下,也非有一些分散的原子医学部门不可,例如:

1.由原子医学中心负责管理的卫星原子医学单位,属于特殊病人保健所必需者;这些单位可能设在急诊室、加强监护单位、手术室及术后恢复室,导管操作室。

2.由得到许可的研究人员在动物或人身上用同位素进行研究的科研单位。这些研究人员可利用原子医学中心的特殊设备及专业特长。

3.由得到许可的工作人员使用一些原子医学技术的诊所。

在设计全国性的原子医学事业方案时,下列机构应当有代表参加:负责原子能的机构、公共卫生、药政以及颁发医生和技术员证书的机构。也尽量避免重叠的管理系统,以免妨碍原子医学的发展。

五、

人 员

进行一整套放射性同位素技术的高级专业中心,除了教学及科研人员外,还须具备一些医学人员及其他工作人员。

原子医学部门的医生当中,由于原子医学的应用范围现在已经如此之广,某种程度的专业化已成为一般规律。

数据的获得与处理和电子计算机程序

的编排,目前愈来愈重要;正象原子医学医生一样,医学物理学家中进一步专业化也变成较普遍的了。

在重点单位,必须有放射药物学及放射化学专业人员,以便制备注射用的消毒放射性材料及合成标记化合物。在进行大量放射免疫分析或其他体外工作的中心,必须配备有经验的临床化学或生物化学专业工作者,以保证适当的质量控制。

在职干部还应包括负责设计、维护、校准及修理电子学仪器及其他仪器的有经验的技术人员。

秘书或事务员也十分重要,由于本部门积累了大量的报告、剂量记录、防护数据等资料。

《报告》将医院分成三个等级。甲级医院不但进行全面教学、科研、诊断及治疗等活动,包括训练原子医学专家及技术员;而且能够安全处理几百毫居里发射 γ 线的同位素(乃至1居里中等毒性的放射性同位素)。它还协助其他医院完成一些工作。乙级及丙级医院的规模分别更小,后者相当于区级医院。有些规模虽不大而专业性却很强的机构,例如胸科医院或脑外科单位,须作具体分析。不同等级医院的人员分类及数目见表1。

表1 不同水平原子医学机构工作人员方案

	甲级	乙级	丙级
医学专家	4	3	1
物理专业工作者	4	4	2
放射化学及放射药学专业工作者	3	2	1
电子学工程师	2	1	1
原子医学技术员	20	16	6
护士	6	3	2
行政人员及秘书(或事务员)	6	3	2
辅助人员	6	4	2
总 数	49	36	16

设 备

目前所用的电子学仪器完全是半导体化的,而且标准单元的形式已不难获得。标准单元系统的优点在于其机动性,即根据需要可以任意扩充或更改,使得元件、配件的补充问题简单化。既然现代电子学仪器都已半导体化,用户有理由提出这样的要求:每种装置都须具备转换开关,以便既可接交流电源,又可用可充电的,蓄电池供能。

能够经受热带使用条件的仪器极其昂贵。在实验室安装空气调节器的办法,要经济得多,同时又可为工作人员提供更好的工作环境。

除了测量放射性所需的电子学仪器外,用于安全操作放射性物质及防护目的之仪器也是必需的。

各单位对仪器的选择取决于多种因素,诸如经费、技术力量、维护能力、本单位的专业化程度以及每日进行的诊断或治疗方法的次数。

从病人或试验的数目来看,体外方法可能是放射性同位素技术对临床及预防医学的首要贡献。因此,用于体外样品测量的 γ 样品计数仪器是任何原子医学部门首先需要的装置。这种仪器可以是测量 ^{131}I 用的小计数器,也可以是比小计数器贵几百倍的、用于计数大量样品及机内装有电子计算机的自动计数器。样品自动转换器可以24小时连续工作;用它时,为了提高工效,就值得采用带有简单计算机的新式仪器,以便进行大量常规计算,取得结果。不过,无论具备何种自动化仪器,一定还要有备用的手动仪器才行。到目前为止,较少应用发射 β 线的同位素于临床实践。然而,类固醇的放射免疫分析及肠胃

道功能测定等一些试验则需要液体闪烁 β 计数。

常用的非显影动态观察有肾图、肝功能试验及循环测定等。动态观察研究中,虽然目前的趋势是应用 γ 照相机,配上数据的磁带记录及脱机处理数据的电子计算机等复杂的装置;但是,简单得多的模拟记录装置(包括计数率仪及纸带式转动记录器)及固定探头,也完全能够实现许多有用的试验。

静态显影是目前临床上最大应用的原子医学方法。常用的仪器有直线扫描机及 γ 照相机两种,前者一般比后者便宜。很难断然认为哪一种更优越,因为在许多方面它们是相互补充的。它们的优点可以列举如下:

- 1.照相机往往能更快地得到整体影像,而且能获得快速而连续的照片。
- 2.如欲从同一病人得到几种不同的影像用照相机往往更方便、更迅速。
- 3.在与寻找深部病灶有关的焦深(焦距深度)上,直线扫描机更好。
- 4.在恰当使用的情况下,两种仪器的分辨率没有显著差别。
- 5.除非照相机配有附加装备,扫描机更容易显示较大的面积。
- 6.用扫描机时,与射线照相一样,不用附件便可获得“一比一”的显象。
- 7.直线扫描机的数据,不用附加数据处理装置,就可以进行定量分析,尽管可能要费事一些。
- 8.也许最重要的是 γ 照相机对能量为100~200千电子伏的放射性同位素最适用;而扫描机能满意地用于超过1兆电子伏者,因而大大扩充了可用放射性药品的范围。对于不能轻易获得 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 而必须使用 $^{113\text{m}}\text{In}$ 的那些实验室,或工作与

^{47}Ca 及 ^{59}Fe 等代谢上重要同位素的摄取及分布有关的那些实验室, 这点尤其值得考虑。

动态显影的数据, 须用闪烁照相机及与其相连的数据获得、影象处理系统和脱机电子计算机才能得到。这种动态闪烁照相相比用单个闪烁计数管测量与记录下来的器官总放射性更有用, 因为用它有可能测量象单一心房或肾脏的病变部位之类的组织中放射性同位素浓度随着时间而变化的情况。

全身计数器, 由于灵敏度高, 具有可以使用极小示踪剂量的优点; 对儿童进行试验时, 这点尤其重要。在代谢研究中, 全身计数常可避免定量收集大便这一麻烦的问题。如有全身计数器, 对于检查工作人员是否偶然摄入放射性物质也是有用的。带有大量屏蔽及高度灵敏探测系统的全身计数器, 可测出大约0.01微居里水平的体内放射性。

安全防护的器材当然也不应忽视。值得提出的是, 铅并非唯一可用的防护材料。为了贮藏的目的, 或屏蔽大面积时, 充填碎铁的混凝土是很容易就地得到的。在设计屏蔽措施中, 必须注意到, 设计不当反而有增加危害的可能性; 因为屏蔽过厚, 如果限制了工作面积, 将增加打翻活性器皿的危险。

每个单位或国家机构都必须有条件探测工作人员个人剂量, 并记录探测结果。有时, 例如经常从事治疗用高放射性 ^{131}I 的配药工作或在放射免疫分析中大量标记抗原, 对甲状腺作常规检查有助于查验体内污染的可能性。另一办法是, 对尿样品进行常规测量。

原子医学方法, 可以根据所需仪器的复杂程度来分类, 见表2。

表2 不同水平的医院所用的各种原子医学方法

	甲级	乙级	丙级
体外测量	+	+	+
整体测量			
非显影动态观察	+	+	+
静态显影	+	+	±
动态显影	+	±	-
全身计数	+	±	±
防护设备	+	+	+
其他设备	+	+	+

仪器的维护应当引起人们的重视。原子医学中心所用的多数仪器是复杂而且昂贵的, 假如它长时间失调而不能正常工作, 其损失是巨大的。为了寻找毛病所在, 购买两台同样的仪器将简化发现故障的过程。若毛病的位置已经明确, 而就地修理有困难的话, 最好只把一块线路板、一个单元或仪器的一个组成部分寄回厂商, 而不必要求厂商的工程师专程前来检查整个仪器。

放射性药品

一般说, 放射性药品没有药理学作用, 因为它们用量很小。但是, 总的趋势是, 这些材料和其他药物一样, 也按同一法规管理。

发生器同位素标记的药品等, 最好以事先制成经检验过的“药箱”形式供应。一旦有了各种药箱, 并假定它们都经过适当的鉴定, 原子医学部门无需受过高级训练的人员就可满足常规操作的需要。

目前临床上最广泛应用的放射性同位素为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$, 主要是因为它适用于 γ 照相机。可是, 每周都需要得到一个新的发生器; 这不一定都能办到。 $^{113\text{m}}\text{In}$ 是有用的代用品, 但是不很理想, 因为其能量

太高*、而且用它可以标记的放射性药品的范围有限。另一方面,只须每六个月订一次货。即使在随时可得到更适用的 ^{99m}Tc 的部门,常常仍保存着一个钼发生器,以备不时之需。

回旋加速器生产的 ^{123}I 虽然较贵,却比 ^{131}I 更适用于显影,因为其能量更低,半衰期更短。

各国及国际上正在迅速地制订关于制备及应用放射性药品的管理条例。专家委员会表示担心,深怕条例规定得太死,以致危及放射性药品领域进一步发展的可能性。

放射免疫分析及有关分析技术得到非常广泛的应用。《报告》强烈建议,除了需要落实激素等参考标准的供应外,还应有中心机构供应校准过的特性明确的试剂,特别须将这些材料提供给建立放射免疫分析方法(用于临床常规)的中心。

基建及布局

设计实验室及其装备时,特别要考虑以下几点:首先,要保护病人、工作人员及居民,使其不受辐射危害。其次,用精密计数装置进行测量时,要求特殊屏蔽措施。第三,各单位所用原子医药方法的不同,病人检查或治疗中所需条件的不同,都会影响设计方案。

放射性废物的处理需要周密计划。由于治疗的影响、收集与测量样品,或由于接受放射性而需要防护,病人可能必须住院。病床的安排,应保证病人可以很方便地转移到扫描室或其他进行整体检查的房间。

不但需要考虑原子医学单位本身的工

* ^{113m}In 的能量为393千电子伏,而 ^{99m}Tc 只有140千电子伏——译者注

作人员进行研究的面积,还要安排其他应用放射性同位素的部门前来进行研究工作。

治疗病人服药的房间,须与接受诊断的病人口服或注射放射性药品的房间分开。

高活性区须与进行低活性测量的计数室保持足够远的距离。

在多层建筑中,将遇到立体空间的问题。如果放射性实验室处于地下室,通风管道及保证良好的通气速度都比较复杂。如果设在高层,又须考虑笨重仪器及屏蔽所引起的地板负重。

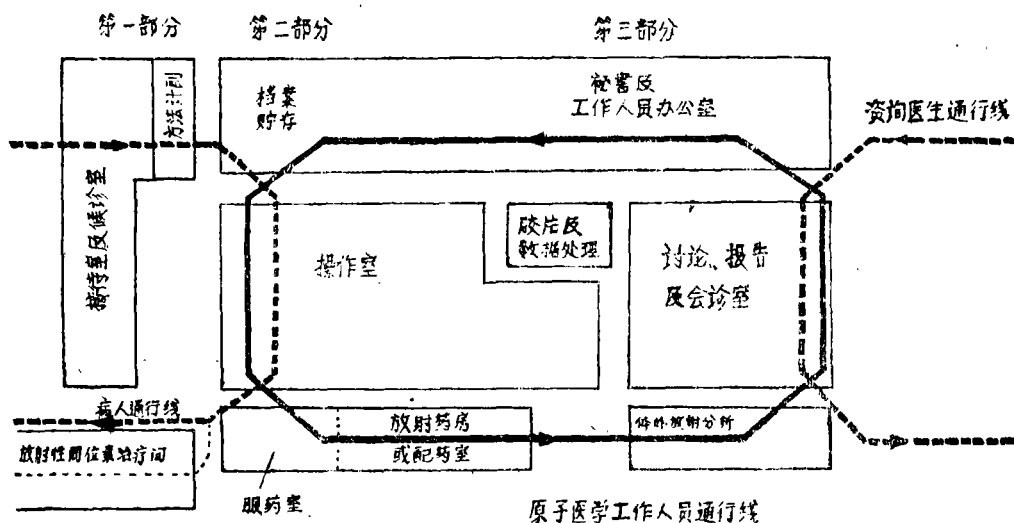
尤其在气候不良的情况下,对整个部门进行空气调节是很重要的。

按医院规模的大小,基建所需的面积大致如下:

表3 原子医学部门所需的面积

	甲级 (米 ²)	乙级 (米 ²)	丙级 (米 ²)
最少总面积	1200	900	400
总“活性”区	900	650	300
(1)候诊室及办公室	50	40	30
(2)化学及放射性药品实验 室:废物处理	200	160	70
“非活性”区	400	250	100
接待室、候诊室、办公室、 资料档案室、工作人员室、 教室			

实验室的布局,应以方便病人为原则。图示如下



原子医学部门病人及工作人员流动路线方案

投资及经济核算

在有些国家, 尽量采用自动化方法来节约工作时间及减低成本。在另一些国家, 则尽可能使用较简单的、当地自制的设备就更合适一些。较简单的仪器易于修理与保养, 也不必用外汇从国外购买。

每次应用的成本大部分取决于应用该方法的次数。任何能够增加频率的措施(例如集中服务)都将降低每次应用的成本。

因此, 对于每个原子医学部门, 成本分析必须区别对待, 既要考虑设备费; 考虑固定投资, 又要考虑附加开销。在一定范围内, 固定投资与应用次数无关, 但附加开销则与应用次数成正比。

经费预算应包括:

1. 主要设备、折旧及投资的利息

2. 主要设备的维修, 包括一些零配件
3. 主要设备中作为消耗品的零配件
4. 次要设备及仪器(如针筒)、折旧及首次投资的利息
5. 主要设备的每年更新与替换
6. 其他消耗物资(如试剂、桌布、纸张)
7. 电费及其他能源的消耗
8. 杂费(如邮资)
9. 建筑费
10. 清洁费
11. 药品及放射性药品
12. 行政经费

原子医学部门每年预算中, 用于原子医学设备占10~30%、设备的维修(包括补充零配件)占5~25%、房屋占5~25%、放射性药品占10~25%。

由于不同国家的经济情况及管理方式

的差别，每次应用的成本可相差5倍之多。

不同方法的相对成本却很相似。以体外方法作为衡量的标准，其他方法所需成本的比值如下：

体外方法	1	
整体扫描方法	1.7	} 平均4.1
整体照相方法	6.5	
整体显影	3.0	
整体动态观察	0.9	
整体治疗方法	1.3	
所有方法的平均值	1.6	

显然用照相机显影的方法是最费钱的一项。

结 束 语

建立原子医学机构的计划应当包括人员、设备、建筑及放射性药品等。

相对集中的组织形式是有利的，但分

散的单位也有存在的必要。为了发展原子医学事业，应当建立一个全国性的委员会。地区性的协作是值得提倡的；这种协作可以涉及几个国家，也可以仅包括一个大国内部的一个区域。必须制定保护病人，专业人员及居民免受辐射危害的条例，但同时又须防止不必要地阻碍原子医学的创新与发展。

原子医学在公共卫生方面有可能做出巨大的贡献，这点应引起人们的注意。

以上是《报告》的结束语中所提出的12条意见中的主要几条。

本文力求如实反映《报告》中的主要内容与观点。当然，我们必须结合我国自己的实际情况批判接受外国的经验。“认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。”

（中国医学科学院分院 王世真）

寻找化学辐射防护剂的进展（一）

引 言

自从首次证明^(1,2)化学防护剂有可能使动物免于电离辐射损伤后，距今已有四分之一世纪。在此期间完成了大量的合成工作，并且对几千个各种不同结构的合成和天然化合物的辐射预防作用进行了研究。其中发现了一些很有效的防护剂，这些化合物在实验条件下能防止很大一部分经 α 及 γ 射线照射过的动物免于死亡。根据得到的结果可以作出结论：借助于化学治疗药物以保护生物体免于电离辐射，在原则上是可能的，但要用于人的防护，目前还有困难。因为还未证明，在人能耐受的剂量下，辐射防护剂能保护人不受辐射

的作用。

寻找化学辐射防护药的25年的发展过程，可以分为三个阶段：最初的阶段，1949年至50年代中期，发现化学物质具有辐射防护作用，于是开始了在不同类型的化合物中寻找辐射防护药物。第二个阶段，50年代中期至1968年，减轻动物放射损伤的药物的寻找工作扩大了，对高效的防护药物的研究深入了，并试图将其中最有效的过渡到临床试用。这一阶段的成就就是找到了巯基乙胺、及同类的胱胺和氨乙基异硫脲（AET）等防护剂。

但由于这些化合物毒性大，治疗指数