

核科学百年讲座

第六讲 核科学技术在医学中的应用*

刘 军 许甫荣[†] 郑春开

(北京大学物理学院 北京 100871)

摘 要 文章介绍了核医学的发展历史及其在医学中的重大应用,介绍了核医学诊断、治疗的原理、特点以及核医学的几个重要分支学科.通过介绍,展示了核科学技术在人类医疗事业中的重大作用.

关键词 核技术 核医学 发展 应用

Nuclear science in the 20th century ——application of nuclear technology in medical science

LIU Jun XU Fu-Rong[†] ZHENG Chun-Kai

(School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract Nuclear technology has been successfully applied to the medical and biological sciences, giving birth to a new subject, nuclear medicine. This field includes radiodiagnosis and radiotherapy which play very important roles in modern medicine. We present a short overview of the development and application of nuclear medicine, including its development in China.

Key words nuclear technology, nuclear medicine, development, application

人类自发现 X 射线和放射性,建立核科学以来,已经走过了一百多年的历史.核技术与医学和生物学结合,产生了放射诊断学、放射治疗学等新型学科.放射诊断学是一门利用 X 射线诊断疾病的学科.放射治疗学则是利用核射线(如 X 射线、 γ 射线、中子、质子和重离子束流)在体外对疾病进行辐射治疗的学科.核医学是一门利用开放型的放射性核素诊断和治疗疾病的学科,它的主要内容是核技术在临床诊断、治疗及医学研究中的应用.核医学的发展不仅提供了灵敏、特异和快捷的诊断分析手段,而且对于认识生命现象的本质,弄清楚疾病的病因和药物的作用原理都有重要作用.自 20 世纪 30 年代开创临床核医学以来,核医学已经得到了很大的发展.现在的核医学不但是是一门独立的学科,而且产生了许多分支学科,其中肿瘤核医学、核心脏病学、神经核医学取得了很大的发展.核医学被认为是和平利用核事业中最活跃、应用最广泛和最重要内容之一.

1 核医学的发展

1895 年,伦琴(Röntgen W C)发现了 X 射线,由于 X 射线具有良好的穿透性,人们立即领悟到它将在医学的潜在应用. X 射线用于诊断疾病产生了放射诊断学,同时它还被应用于治疗疾病,成为放射性治疗的重要方法.1896 年,法国物理学家贝克勒尔(Becquerel H)发现了天然铀同位素的放射性,随后,居里夫妇发现“钋”和“镭”两种天然放射性核素.紧接着,贝克勒尔、居里夫妇(Curie M 和 Curie P)、卢瑟福(Rutherford E)等一些科学家互相合作、交流,于 1899 年发现了 α 、 β 射线,1900 年发现了 γ 射线,并且逐步获得了三种射线的不同特性^[1].1911 年,人们就产生了应用放射性同位素示踪,即利用放

* 国家自然科学基金(批准号 10075070)资助项目

2002-11-19 收到初稿 2003-01-14 修回

[†] 通讯联系人. E-mail: frxu@pku.edu.cn

放射性同位素的射线来跟踪这些原子踪迹的想法。1919年,卢瑟福用 α 粒子轰击氮核,研制人工同位素,为放射性同位素的利用打下了基础。1923年赫维赛出色地完成了在生物领域中的第一次同位素示踪,当时他主要是利用 β 射线来示踪。1925年,放射性示踪剂第一次用于人体,测定了正常人和心脏病人的血流速度。1934年,约里奥·居里夫妇(Curie I和Joliot F)第一次用人工方法获得了放射性核素 ^{30}P ,从而拓宽了人们的眼界,开辟了获得各种放射性核素的前景,也揭开了核医学的序幕^[2]。

1939年,科学家Hamilton J G, Soley M和Evans R发表了首篇应用 ^{131}I 诊断病人的报告。1942年,费米在芝加哥建成了第一个核反应堆,这为放射性同位素的生产开辟了新途径。1946年,随着核反应堆的投产,使一些放射性核素得以较大规模地生产,标记技术相伴发展,成功地制备了较为复杂的标记化合物。1949年 γ 闪烁功能仪和1951年第一台自动 γ 闪烁扫描仪的制成,为利用各种放射性核素及其标记化合物进行脏器显像和功能测定提供了条件,为临床核医学的建立奠定了基础。1953年,Newell R首先提出了核医学(nuclear medicine)的概念,核医学获得了初步的发展。

20世纪60年代前后是核医学迅速发展的一个时期。人们利用加速器和发生器生产出更多、更加符合临床要求的放射性核素,并用它们制备出更多的标记化合物。1957年,Anger H制成了第一台 γ 照相机。 γ 照相机取代了扫描机,成为近30年来最基本和最主要的核医学显像仪器。1960年,Yalow R S和Berson创立了放射免疫分析技术,开辟了医学检测史上的新纪元。经过十余年的努力,放射免疫分析技术就发展到能够测定300多种体内微量物质的水平,对核医学的进步产生了巨大的影响,为此,Yalow荣获了1977年的诺贝尔医学奖^[2]。

20世纪70年代中后期出现了放射性核素断层显像装置。1975年,第一台利用发射正电子的放射性核素进行脏器断层显像的仪器——正电子发射计算机断层照相机(PET)研制成功。这一研究成果的应用,开创了分子水平的无创伤活体研究人脑功能和心肌存活情况的工作。核医学进入到了现代核医学的阶段。1979年,利用发射 γ 射线(即单光子)的常用放射性核素进行脏器断层显像的仪器——单光子发射计算机断层照相机(SPECT)研制成功,随后得到广泛的应用。放射性核素显像成为现代四大医学影像之一。核医学也就成为当今解决心、脑血管和

肿瘤三大疾病的重要方法。80年代,心脑血管代谢、功能显像剂的研制成功以及单克隆技术的应用,使临床核医学进入到一个新的阶段。

2 核医学诊断

核医学的诊断方法按放射性核素是否进入受检者体内而分为体外检查法和体内检查法。体内检查法按最后是否成像又可以分为显像和非显像两种。

2.1 体内诊断

体内诊断用的放射性药物,用于显像的称为显像剂,用于非显像的称为示踪剂。核射线中只有 γ 射线适合于体内检查。 γ 射线穿透力强,引入体内后能在体外探测到,它在体内引起的电离辐射损伤小。 γ 光子的能量以100—300keV为宜,能量太低,组织吸收过多,影响体表或体外的探测;能量过高,在探测器中的能量密度太低,影响测量的效率。大多数的临床检查项目皆在数小时内完成,所以放射性核素的半衰期以几小时为适宜。近2000种放射性核素中能大致符合要求的有十几种。

放射性核素显像也就是等到显像剂在组织器官聚集后,用扫描仪器在体外追踪探测,将探测到的射线的强弱程度描绘成扫描图。放射性核素显像是一种以脏器内外或脏器与病变之间的放射性浓度差异为基础的脏器或病变显像方法。其基本条件是:具有能够选择性聚集或流经特定脏器或病变的放射性核素或标记物,使得该脏器或病变在邻近组织之间的放射性浓度差异达到一定程度,此外还要能够利用核医学显像装置探测到这种放射性浓度差异并根据需要以一定的方式将它们显示成像。经过大量的实验,用统计的方法求出射线的量以及位置的正常规律、正常值、变异的范围和某些疾病的异常特点,便可以根据这些规律和特点对某些疾病进行诊断,对某些脏器的功能状态作出判断。

非显像检查法是利用较为简单的放射性探测器在体表探测和记录示踪剂在脏器或组织中被摄取、集聚或排除的情况,以时间与放射性关系曲线等方式显示^[2]。但是,由于探测器在体表根据脏器或者是组织的正常解剖位置定位,这与受检者的脏器和组织的实际位置不一定吻合,有时差异还会很大,这就会影响测量结果的准确性。因此,有条件应该更多采取显像检查(见图1)。

按照核医学显像显示方式的不同可以对显像进行分类。当显像剂在脏器内或病变处浓度达到稳定

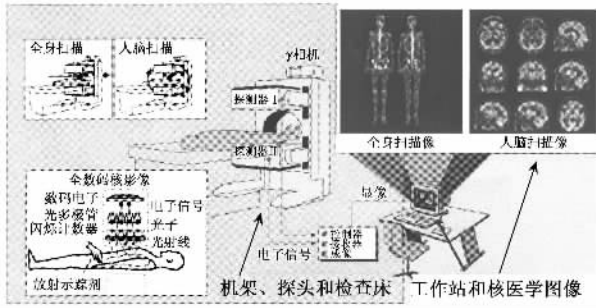


图1 核医学显像图

状态时进行显像,就是静态显像。它允许采集足够的放射性计数用以成像,所以影像清晰,多用于观察脏器和病变的位置、形态、大小和放射性分布。显像剂随血流流经或灌注脏器,或被脏器不断的摄取和排泄,或在脏器内反复地充盈和射出等过程,造成脏器内的放射性在数量上或在位置上随时间而变化,用放射性显像装置以一定的速度连续地采集该脏器的变化影像,就可以得到动态显像。局部显像只显示身体的某一部分或某一脏器的影像;全身显像利用移动的探测仪器从头到脚采集身体各个部位的射线,显示成像。如果放射性显像装置采集的是脏器的某一个体位的放射性成像,得到的就是平面显像,如果放射性核素显像装置在体表能够自动连续或间断采集众多体位的平面影像数据,再用计算机重建,就可以得到断层显像。假如静态显像以放射性增高代表脏器的异常,那么这就是阳性显像;相反,就是阴性显像。

2.2 核医学显像仪器

核医学影像技术和仪器的发展经历了三个阶段:第一阶段为简单的线性扫描成像,以 Cassen B 等人于 1950 年发明的第一台用于核医学的扫描设备为标志;第二阶段是 1957 年 Anger 发明的 γ 相机,它实现了用一次成像代替费时的逐点扫描,同时可以观察动态;第三阶段则是 70 年代末期发展起来的 ECT——发射型断层显像。ECT 的发展非常迅速,越来越为人们重视。ECT 在探测原理上与 γ 相机相当,在断层原理上与 X 线 CT 完全相同。

γ 相机,全称为闪烁 γ 照相机。当受检者注射放射性同位素标记物后,放射性核素有选择地浓聚在被检脏器内,使该器官成为一个立体的放射源,放射源发出的 γ 射线经过准直器射在 NaI(Tl) 晶体上,立即产生闪烁光点。闪烁光点发出的微弱荧光被光电耦合到光电倍增管,输出脉冲信号,这些信号经过电子线路处理形成了闪烁图样,用照相机拍摄下来,

完成检测。 γ 照相机探头采用的是大型晶体,不仅可以实现一次成像,还可以进行动态显像,为进行脏器动态功能研究提供了必不可少的工具。

CT(computed tomography)即计算机断层影像。早期的 X 射线透视照射技术,只是将 X 射线直接地穿过人体,然后投影到荧光板或使照相底片感光,需要较大剂量的 X 射线照射,对人体有一定的影响。另外,它只能得到二维平面图像,脏器深度方面的信息叠加在一起,在某些情况下不易诊断。1971 年,英国工程师豪斯菲尔德把计算机技术和 X 射线相结合,研制成功 X 射线断层扫描成像装置(简称 XCT)。它是用 X 射线对被检测脏器的某一薄层进行扫描,得到二维的断层图像,再将脏器的许多二维断层图像经过计算机处理加工,得到对比度很高的三维图像。1973 年,EMI 公司第一台 CT 扫描机问世,开始了 CT 临床应用,CT 技术引起了医学诊断技术的一次革命。

ECT 探测到的射线是由引入体内的放射性核素发射出的 γ 射线,而 X 射线 CT 所探测的 X 射线是来自体外,所以 ECT 叫做发射型 CT,而 XCT 叫做穿透型 CT。ECT 又有单光子发射计算机断层扫描——SPECT(single photon emission computed tomography)和正电子发射计算机断层扫描——PET(positron emission tomography)两种。

SPECT 有多探头环型和 γ 照相机型两种。 γ 照相机型是利用通用的 γ 照相机通过一些技术处理实现断层显像。现在, γ 照相机型 SPECT 多采用探头围绕身体旋转 360° 或者是 180° 进行完全角度或者是有限角度取样,兼有平面、断层和全身显像的功能,得到广泛应用。

PET 使用的是发射正电子的放射性核素。正电子在物质中射程短,只能瞬间存在,不足以穿透较厚的脏器或组织,故测定正电子的基本方法是测量湮灭辐射产生的 γ 光子。湮灭辐射产生的 γ 光子成对,方向相反,能量都是 511keV,因而 PET 的探头结构与 SPECT 不一样。PET 采用符合线路探测技术,利用湮灭辐射和两个相对探头来确定闪烁点位置。SPECT 是在探头前加铅制的机械准直(铅栅准直)器,来限制射线的方向和范围。SPECT 的准直器挡去了 90% 应该进入探测视野的射线。PET 也有机械准直,它们置于探头环之间,是用来选择断层厚度,所以 PET 与 SPECT 相比具有更高的探测效率和灵敏度,能用于较精确的定量分析。

另外,PET 所使用的放射性核素主要是 ^{11}C ,

^{13}N , ^{15}O , ^{18}F 等多种人体组织天然元素的同位素,所以能进行真正的示踪研究,不干扰人体的组织代谢和体内环境平衡。为了提高 STECT 的空间分辨率、灵敏度以及采集速度,人们采取了增加 SPECT 的探头以及使用符合电路测量的办法。PET 所使用的正电子核素要由回旋加速器生产,由于正电子发射体的半衰期短,所以必须就近配置生产正电子的加速器,与 SPECT 相比使用成本较高。

核医学显像是以脏器内、外放射性差异和脏器内局部放射性差异为基础的显像方法。脏器和病变部位放射性的高低直接与显像剂的聚集量有关,聚集量的多少又取决于血流量、细胞功能、数量、代谢率和排泄引流等因素。因此核医学显像不仅显示脏器和病变的位置、形态和大小,更重要的是能提供有关脏器和病变的血流、功能代谢和受体等方面的信息,其中有不少是分子水平的。现在,ECT 成为了分子水平进行医学定量分析的主要工具之一。血流、功能和代谢异常是疾病的早期变化,可以出现在形态、结构发生变化之前,因此核医学显像有助于疾病的早期诊断。有些核医学显像因脏器或疾病特异性聚集某一显像剂而显像,因此影像具有较高的特异性,可以特异地显示诸如各种神经受体,不同组织类型的肿瘤及其转移灶、炎症、异位地组织(如甲状腺、胃粘膜等)和移植器官等的影像。核医学显像还具有多种动态显像方式,使脏器和病变的血流和功能情况得以动态而定量地显示。综合来看,核医学显像是一种有较高特异性的功能显像和分子显像。

核医学显像系统一直在不断地改进与完善之中。目前研究重点集中在开发新的探测材料,设计高速度数字化的电子线路,开发图像的重建软件和更新计算机系统上。核医学显像由于受到了放射性强度的限制,成像的信息量受到限制,显像仪器的空间分辨率较低,影像的清晰度较差,影响对微观结构的显示和病变的精确定位。为了更好地诊断和治疗疾病,人们积极发展图像融合技术(FIT),把 CT, MRI 解剖影像与核医学 ECT 功能影像融合在一起,精确确定病灶的大小范围及其与周围组织的关系。目前,国外已有螺旋 CT, MRI 和 PET 或带符合测量的 SPECT 的融合技术产品开发。分子显像探针是核医学显像在新世纪发展的方向之一。核医学具有示踪技术与分子生物学相结合的优势,发展分子核医学显像探针有着广阔的前景,它将深入影响医学科学的进程。

2.3 体外检查法

体外检查法主要是体外放射配体结合分析方法。体外放射配体结合分析是一种利用放射性核素标记的配体为示踪剂,以竞争结合反应为基础,在试管内完成的微量生物活性物质检测技术^[2]。因为探测在体外完成,所以这种技术不必使用放射 γ 射线的核素,而常使用放射 β 射线的核素,如 ^{125}I , ^3H , ^{14}C 来检验。最有代表性并且应用最广泛的是放射免疫分析方法。

Yalow 和 Berson 于 1960 年创立了放射免疫分析(RIA)技术^[2]。该技术是利用放射性标记的被测物和血液、尿液或其他体内的被测物共同与有限的被测物抗体竞争结合,利用放射性探测器测得标记被测物被结合的量,根据结合量与已知被测物的函数关系,可计算出样品内被测物的量。这种方法具有很高的灵敏性和特异性。一般生化分析技术最小检出量为 mg 或 μg ,而放射免疫分析法可测至 ng, pg, 故又称“超微量分析法”。甲种胎儿球蛋白是胎儿早期血清中出现的一种蛋白质,出生一周后即消失,但在原发性肝癌病人的血清中,又可再度出现甲胎球蛋白。过去临床上常用琼脂扩散法检测,其阳性检出率偏低,而用放射免疫分析法灵敏度高,为早期诊断肝癌提供了可靠的依据。洋地黄、苯妥英钠、甲状腺素等药物的治疗量与中毒量很接近,用量少达不到治疗效果,稍一超过,即会中毒,颇难掌握,采用此法可及时测出血液中药物的浓度,为医生调整用药剂量,或立即停药提供了依据,对确保安全合理用药起到了监督指导作用。

3 治疗核医学

治疗核医学属于内照射治疗方法。它通过高度选择性地聚集在病变部位的放射性药物所发射出来的射线,对病变部位进行集中照射,产生足够的电离辐射生物效应,达到抑制或破坏病变组织的目的。 β 射线在组织中的电离密度大,在局部组织中产生的生物学效应一般比 X 射线和 γ 射线大得多。同时, β 射线在组织中具有合适的射程,能保证有一定的作用范围,又对稍远的正常组织不会造成明显的损伤,而 α 射线的有效作用范围较小,并且难于控制,可能造成局部过渡损伤。所以,治疗用的放射性药物多用半衰期较长的 β 衰变药物。目前常用的治疗放射性核素有 ^{32}P 和 ^{131}I 。 ^{32}P 是纯 β 衰变核素, β 射线能量为 1710keV,在组织中的平均射程为 3mm,半衰期为 14.28 天。 ^{131}I 发射两种能量的 β 射线,分别为

336keV 和 607keV ,半衰期为 8.04 天。

放射性核素治疗已经有 60 多年的历史了。1936 年 ,Lawrance K 等就开始用³²P 治疗白血病和真性红细胞增多症。1942 年 ,Hertz 和 Hamilton 用¹³¹I 治疗甲状腺功能亢进症。1945 年 ,Sedilin 等用¹³¹I 治疗分化良好的甲状腺癌转移灶。1955 年 ,Blumgart 等用¹³¹I 治疗甲状腺功能正常的心绞痛和顽固性心力衰竭。1947 年 ,Muller 用放射性胶体治疗腔内恶性渗液获得成功。据 Beierwalts 统计 ,1946 年到 1981 年 ,全世界用¹³¹I 治疗甲亢的约 100 万例 ,治疗甲状腺癌转移灶约 5000 例 ,治疗真性红细胞增多症 25000 例^[31]。

核医学治疗已经积累了几十年的经验 ,成为一些疾病的主要治疗方法。例如 ,用¹³¹I 治疗甲亢、功能自主性甲状腺腺瘤和功能性甲状腺癌转移灶 ;用³²P 治疗真性红细胞增多症和原发性血小板增多症 ;用³²P 的胶体进行腔内治疗 ;用⁹⁰Y 的玻璃微球经选择性肝动脉播管单次高剂量注入肝癌病灶区治疗肝癌 ,利用特异性的抗体作载体将放射性的核素引向肿瘤的抗原部分实现对瘤体的内照射治疗的放射性免疫治疗方法。1999 年 ,人们又用放射性治疗的方法来治疗冠状动脉粥样硬化。现在 ,核医学技术和基因治疗相结合的基因放射治疗也正在积极地实验研究之中。

核医学治疗有它显著的优点 ,例如放射性核素能被有病组织选择性摄取 ,或有目的地放置于局部辐射 ,较体外照射治疗对靶器官的辐射量要大几倍 ,同时对周围正常组织的照射量比外照射低 ,治疗方法属病人无创伤、无痛苦 ,治疗后白血病和其他癌症的发病率低。

4 重要的核医学分支学科

4.1 肿瘤核医学

肿瘤是危害人类健康极为严重的疾病 ,寻求早期诊断是多年来的重要研究方向。90 年代以来 ,加速器和正电子药物以及符合电路 SPECT ,PET 等仪器进入临床使用 ,使肿瘤核医学有了引人注目的发展。众多核素的临床应用和研究为肿瘤的诊断和治疗开辟了新途径。新肿瘤显像剂 ,例如加速器药物⁶⁷Ga ,²⁰¹Tl ,¹⁸F - FDG 提高了肿瘤诊断的灵敏度和特异性^[4] ,⁶⁷Ga 可以鉴别肺单个结节的良恶性。^{99m}Tc - MIBI ,^{99m}Tc - tetrofosmine 可以在早期发现肺癌的纵隔淋巴结转移。¹⁸F - FDG 已经广泛应用于良

性及恶性肿瘤的鉴定诊断 ,特别是对肺癌、黑色素癌、乳腺癌、头颈部癌症、食道癌、转移性肿瘤及原发灶的探索有重要意义。¹⁸F - FDG - PET 肿瘤显像也已经从基础研究进入到临床应用 ,取得了肯定的效果。¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌已经积累了许多经验 ,可以减少甲状腺癌的复发和延长生存。

放射免疫显像与分子核医学是肿瘤诊断与治疗的新动向。国外已经有几个免疫显像剂批准上市 ,例如检查直肠癌的¹¹¹In - B72.3 ,^{99m}Tc - IMMU - 4 ;用于肺癌的^{99m}Tc - NR - LU - 10 等。用放射性核素标记的反义寡核苷酸进行肿瘤 mRNA 癌基因显像、诊断以及核素标记的转基因治疗 ,有着广阔的前景。

4.2 神经核医学

神经核医学在神经精神疾病的临床诊治中有着极其重要的价值。80 年代 ,PET ,SPECT 脑显像药物的出现 ,使脑化学在活体中的显像成为可能。PET 的应用提高了脑显像的精度。由于核医学显像的“功能显像”优点 ,使用^{99m}Tc - hmpa 和^{99m}Tc - ECD 等脑显像剂显像可以反映脑的功能和病变状态 ,例如早期发现缺血性病变 ,显示脑梗死区的缺血范围和相邻脑组织的组织功能 ,定位癫痫病 ,鉴别不同病因的老年痴呆症等^[5]。对于癫痫 ,用 SPECT 来观察药物诱发发作期和发作期间局部脑血流变化 ,能客观地反应治疗前后的变化和疗效 ,提供直观图像和定量数据 ,优于其他的显像方法。用放射性核素标记物进行人脑受体显像 ,是分子生物学和核医学的结合 ,用于神经核医学研究的一个新领域 ,其中应用最广的是多巴胺受体 (Dopa - R) 显像。受体微量存在 ,CT ,MRI 无法解释 ,所以核医学进行受体显像有独特的优势。目前国内患帕金森 (PD) 的病人已经超过了 150 万人。临床上 ,用多巴胺受体显像可以显示其病变部位的异常 ,但用 CT ,MRI 显像却无特异性变化。多巴胺受体显像还可以鉴别脑垂体腺瘤的病理类型。

4.3 核心脏病学

20 年来 ,核心脏病学取得了较大进展 ,主要表现在 ECT 显像代替了平面显像 ,大大提高了图像的分辨率 ;PET 的进一步完善与发展 ,可以量化心肌存活测定与心肌灌注显像 ;由单纯的心肌灌注显像发展到心肌代谢显像 ,进入到神经心脏病学 ;心肌灌注显像剂由²⁰¹Tl 发展到^{99m}Tc 标记的多种化合物 ;由单一的运动实验发展到药物符合试验。现在 ,核素心肌灌注显像已经成为评价冠心病广泛应用的非创伤性技术。随着临床心脏病学的发展 ,核心脏病学也由宏

观的诊断转向了内部结构的微观观察. 1991年, Butler等用 ^{111}In 标记物进行下肢静脉栓塞显像成功, 现已临床应用. 冠心病介入治疗已经成为冠状动脉血运重建的主导方法之一, 美国每年治疗人数超过了50万例. 新世纪的焦点集中在分子心脏病学方面. Dewanjee等报道, 用放射性标记反义寡核苷酸测定细胞内核糖核酸信息以探测心血管疾病, 有广阔的临床应用前景.

5 我国核医学的发展

核医学的发展与放射性药物的发展紧密相联. 我国临床核医学起步于20世纪50年代. 当时, 上海、北京等地开展了临床急需的放射性药物的研究, 例如王世真教授制成 ^{131}I , 又在自身进行实验; 刘玉英教授联合北京大学袁思训教授研制 ^{131}I , 提供少数医院同位素科进行临床研究. 1958年, 中国原子能科学研究院实验性重水堆运行, 为我国研制和生产放射性药品创造了基本条件. 1961年, 我国国家科委和卫生部下达《医学同位素试制任务书》. 1965年, 在卫生部药典委员会参与指导下制定了 ^{131}I 碘化钠和 ^{32}P 磷酸钠溶液的卫生标准, 经卫生部批准, 两种放射性药品在我国同时诞生, 开创了我国放射性药品发展的新阶段^[6].

70年代, 我国核医学进入迅速发展阶段. 1970年10月, 中国原子能科学研究院推出了 $^{99}\text{Mo} - ^{99m}\text{Tc}$ 和 $^{113}\text{Sn} - ^{113m}\text{In}$ 两个发生器, 次年6月22号又召开了两个核素发生器的生产检定汇报会, 标志着我国核素发生器研制成功. 随后, 核素发生器和配套药盒的应用得到了广泛推广, 我国核医学诊断特别是脏器显像诊断得到了很快发展. 人体的多种器官可以进行显像, 从而推动了临床核医学和核仪器的发展. 1972年, 我国从国外购买了成套的试剂盒用于体外放射分析临床应用.

80年代中期以来, 我国也进入到现代核医学发展阶段. 1983年, 我国开始引进和应用SPECT. $^{99m}\text{Tc} - \text{ECD}$, $^{99m}\text{Tc} - \text{MIBI}$ 和放射免疫显像相继应用, PET

也开始试制. 到1989年, 我国的核医学仪器特别是核显像设备就达到了73台 γ 相机、44台SPECT、1台单环PET实验装置的规模. 1989年, 国务院颁布了《放射性药品管理办法》, 放射性药品的发展进入到法制管理阶段^[7].

我国核医学事业的水平和规模都有了显著提高, 其中某些领域已经达到或是接近国际先进水平. 到2000年, 我国有800多家医院开设了核医学科, 2000多家不同等级的医院开展了放射免疫分析及体外检测技术. 全国拥有的现代核医学显像设备, 包括350多台SPECT、12台PET仪、PET中心8个^[8]. 现在, 多种放射性核素和放射性药物、药盒除供应国内还有部分出口国外, 年显像约100万人次, 年体外放射分析约5000万人次. 核医学的影响越来越大, 正在造福于人类.

致 谢 感谢中国科学院上海原子核研究所沈文庆院士和中国原子能科学研究院张焕乔院士的热忱指导.

参 考 文 献

- [1] 刘洪涛等. 人类生存发展和核科学. 北京: 北京大学出版社, 2001[Liu H T et al. Nuclear Science and its impact on the world. Beijing: Peking University Press, 2001(in Chinese)]
- [2] 潘允中主编. 临床核医学. 北京: 原子能出版社, 1999[Pan Y Z et al. Clinical Nuclear Medicine. Beijing: Nuclear Energy Press, 1999(in Chinese)]
- [3] 马寄晓. 中华核医学杂志, 1984, 4(1): 1[Ma J X. Chin. J. Nucl. Med., 1984, 4(1): 1(in Chinese)]
- [4] 朱承谟. 中华核医学杂志, 1999, 19(1): 1[Zhu C M. Chin. J. Nucl. Med., 1999, 19(1): 1(in Chinese)]
- [5] 周前. 中华核医学杂志, 1999, 19(2): 65[Zhou Q. Chin. J. Nucl. Med., 1999, 19(2): 65(in Chinese)]
- [6] 刘秀杰. 中华核医学杂志, 1999, 19(3): 129[Liu X J. Chin. J. Nucl. Med., 1999, 19(3): 129(in Chinese)]
- [7] 夏振民. 中华核医学杂志, 1993, 3(1): 55[Xia Z M. Chin. J. Nucl. Med., 1993, 3(1): 55(in Chinese)]
- [8] 屈婉莹. 中华核医学杂志, 2000, 20(6): 241[Qu W Y. Chin. J. Nucl. Med., 2000, 20(6): 241(in Chinese)]

· 信息服务 ·

亚太物理学会联合会网站开通

亚太物理学会联合会(AAPPS)的网站已经开通, 网址为 <http://www.aapps.org>, 欢迎访问.

中国物理学会

2003年6月27日