

# 我国核医学的发展及其与相关学科的关系

陈盛祖

(核医学学会, 中国医学科学院肿瘤医院)

## 一、核医学的研究范围

核医学全称为原子核医学或原子医学。它是原子核科学技术与医学相结合的产物, 它研究放射性核素及核射线在医学和生物学中的应用。核医学在早期阶段又称为同位素在医学和生物学中的应用。核医学的创立时期很难有明确的年限考证。一般认为, G· Hevesy 1923 年把同位素示踪技术用于生物学中是核医学历史上的一个重要里程碑。核医学作为一门常规检查手段进入医院还是从 1950 年 B· Cassen 发明扫描机开始的, 所谓同位素扫描则由此而来。核医学不同于放射学, 尽管放射学在早期阶段包罗万象, 但目前许多与放射有关的学科都有了明确的概念。除了核医学以外还有放射治疗学或称肿瘤放射学、放射诊断学、放射医学或放射防护学。后者主要研究放射剂量和放射病的防治。

40 年来, 核医学事业发生了划时代的变化, 它不仅成了医学中的一个重要组成部分, 而且在把医学和其它科学紧密结合中显示出独有的特色和优势。核医学尽管应用范围极广, 但它的使用原理仍与 40 年前基本相同。它利用示踪的原理广泛用于临床病人检查和生物样品基础研究之中。检查病人时, 我们把某种放射性核素或放射性核素的标记化合物注入人体内, 放射性核素发射出的  $\gamma$  射线在体外可用闪烁探测法进行探测。从人体中发射出的放射性核素的  $\gamma$  射线其多少与放射性核素或标记化合物在人体组织中的吸收有

关, 这样就构成了一幅反映人体功能的解剖图。从这幅图上可以诊断各种疾病。除了图形以外, 放射性核素检查也可通过一些功能指标的测定来诊断疾病, 如甲状腺功能、心功能、肾功能和免疫功能等。在基础研究中, 往往是把放射性核素与待测样品相标记, 通过测量样品的放射性来计算各种样品成分的定量关系。这种方法简便、可靠、精确。

核医学研究的内容极其广泛。1980 年, 中华核医学会成立时曾邀请各方面的专家撰写过核医学进展的综述性文章。去年 8 月, 沈阳召开的第三届核医学年会又做了系统的学术总结, 曾发表在中华核医学杂志 1989 年第 4 期上。本文将根据上述两方面材料扼要介绍核医学研究的范围。

核医学在临床方面的应用是核医学主要的内容, 它涉及心血管、脑、肿瘤、甲状腺、消化、泌尿、骨等多种脏器及病种。心血管核医学又是临床应用的主流, 主要用来诊断冠心病、肺心病、心脏瓣膜疾病和传导异常。核医学检查不仅可以提供心脏和心肌的图像, 而且可以测定许多功能参数, 比心电图、心动超声和其他检查手段有特殊的价值。核医学在脑神经疾病中的应用自从 x 线 CT 和 MRI 出世以后受到了严重的挑战, 但核医学有了发射型计算机断层(ECT)以后又显示出了它独有的优点, 它在研究脑血流、葡萄糖、氧代谢方面又使其它所有的现代影像技术大大逊色。近年来, 核医学在研究局部脑血流量(rCBF)方面对诊断脑缺血癫痫、痴呆等疾病明显优于 x 线 CT 及 MRI。正电子发射计算机断层(PET)则被誉为“探讨人类大脑奥秘

的锐利武器”。单克隆抗体放免显像和治疗(RII)是目前国际国内核医学的热门课题。它利用特殊制备的单克隆抗体对肿瘤的免疫亲合能力,达到对肿瘤的诊断和治疗的目的。核医学在诊断甲状腺疾病、肝肿瘤、骨转移瘤方面的应用属于常规检查项目。放射免疫测定在近十年有了迅速的发展,成为快速、灵敏、简便的检查手段,深受广大医生和病人的欢迎。

放射性药物和核医学仪器是核医学发展的两大重要支柱。核医学研究的最新成就经常从这两方面反映出来。放射性药物的研究包括放射性核素的生产与制备、放射性药物的合成、鉴定及标记。我国近年来在该领域有了重大发展,有的项目已接近世界水平。除了常规的肝、骨、肺等显像剂外,我国核药物学及核化学家通过艰苦努力,在心肌显像及脑血流显像方面推出了几种新放射性药物,使我国核医学在诊断冠心病和脑神经系统疾病中发挥了重要作用。

核医学仪器是随着核探测技术、核电子学和计算机技术的发展而发展的。在五十年代,核医学界仅用苏式64位定标器做简单的放射性测量。到了六十年代初期,我国便开始自行生产定标器、甲状腺功能仪、肾功能仪、黑白扫描机及 $\gamma$ 能谱仪。尽管这些仪器全采用电子管,体积庞大,但它们在促进我国医学及核医学仪器的发展中起到了重大的作用。六十年代后期,由于众所周知的原因,我国核医学仪器的发展受到了一定程度的阻碍。进入70年代后又出现了新的高潮。主要反映在以下几个方面:所有的功能仪器向小型化、晶体管化及标准化方向转变,形成了系统、批量生产的规模,基本满足了国内市场需求。扫描机由黑白式向彩色及数字化转变。除了工厂以外,许多大学开始深入医院,研究计算机和数据处理在核素显像中的应用。 $\gamma$ 照像机的研制工作提到了议事日程,这已比国际水平晚了近15年。最早开始研制 $\gamma$ 像机的是四机部四川隆昌759厂,成都电讯

工程学院计算机系(一系)在 $\gamma$ 照像机数据处理系统的研制中起步最早。航天部二院二部于70年代末期研制和生产 $\gamma$ 照像机,他们的产品目前占据了国内的重要市场。

80年代,核医学又有了新的发展,开始向集成化元件、电脑控制和CT断层方向发展。这一时期核医学仪器的代表产品是发射型计算机断层(ECT)。由于改革开放的结果,我国核医学仪器与世界的差距也在逐步缩短。ECT,世界上是70年代末用于临床,我国则从1983年开始首批引进。据调查,现在全国共有44台ECT。

## 二、我国核医学的发展及现状

我国核医学的发展与世界水平相比起步较晚,队伍规模较小。美国核医学会有上万名会员,每年召开一次年会,有来自世界各地数以千计的代表参加,迄今已开了三十六届大会。欧洲核医学会也是近几年迅速发展的,去年的年会竟有四千多名代表参加。日本核医学会也有相当大的规模及世界范围的影响。

我国核医学的发展大致可分为三个阶段。第一阶段是开创时期(1956—1957)。军委卫生部在西安创办了同位素仪器训练班及同位素应用训练班,由丁德洋、王世真两教授担任正、副主任。该训练班为全国核医学的开拓培养了一批技术骨干。第二阶段是推广时期(1957—1971)。这一时期,在全国大、中城市普遍开展了同位素的临床应用。国产放射性核素 $^{131}\text{I}$ 、 $^{198}\text{Au}$ 、 $^{32}\text{P}$ 等已能成批供应,各种功能仪、 $\gamma$ 计数器及黑白扫描机已能自行生产供应市场。各种脏器显像及功能检查得到普遍推广。第三阶段是提高阶段(1972—至今)。1972年,中国科学院召开了“全国原子医学专题经验交流会”;翌年,中央卫生部在四川简阳中国医学科学院放射所举办了同位素经验交流学习班,有50多位学员参加。上述活动把我国核医学的发展推向了

一个新的阶段。这一时期的特点表现为:(1)全国普遍把同位素室更名为核医学科;(2)核医学的研究由单纯临床应用,进入临床与基础结合、医学与物理结合的更高层次的研究;(3)国内封闭式状态被打破,开始与世界核医学界进行广泛交流,我国加入了世界核医学联盟;(4)核医学作为一门专门学科进入医学界,有了独立的学会、学术杂志,在全国范围内广泛招收进修生和研究生。

随着核医学的发展,核医学队伍也不断壮大。据中华核医学会和中华核医学杂志的联合调查,全国现有 544 家临床核医学科,53 家放射免疫分析和基础研究实验室,49 个生产放射性核素和放射性药物的厂家。现在,全国从事核医学的科技工作者达 4495 人,其中高级职称 634 人,中级职称 1317 人,研究生 187 人(含博士生 7 人)。会员总数 1416 人。核医学设备在五年内发生了快速变化,单光子发射型计算机断层仪(SPECT)44 台, $\gamma$ 照像机 73 台(其中国产  $\gamma$ 照像机 29 台),扫描机 600 台,肾图仪 578 台,吸碘仪 604 台, $\gamma$ 计数器 902 台,液体闪烁计数器 230 台, $\gamma$ 心功能仪 54 台。放射性核素的生产已由进口转为大部分国内生产。尤其是临床应用最广泛的  $^{99m}\text{Tc}$  放射性核素,我国从 1972 年已能自行生产,并向朝鲜出口。后因强度太低及发生器工艺水平不高改为国外进口,近几年又克服了上述缺陷,开始大部分由国内生产供货。

下列事件在我国核医学发展中有重要历史意义:

1980 年 5 月 27 日至 6 月 1 日在石家庄召开了中华医学会第一届学术会议并成立了中华医学会和中国核学会核医学会,会议收到学术论文 406 篇。中国科学院学部委员、中国医学科学院协和医院王世真教授当选为主任委员。

1984 年 10 月 29 日至 11 月 3 日在江苏省南京市召开了第二届核医学年会,收到论文 570 篇。协和医院周前教授任主任委员。

1989 年 8 月 11 日至 8 月 13 日在辽宁省

沈阳市召开了第三届核医学学术会议,代表 336 人,收到论文 819 篇。上海医科大学林祥通教授任主任委员。

1986 年 8 月在江苏无锡召开了中美核医学座谈会。这是我国首次与外国联合举办学术会议,它实现了太平洋两岸核医学工作者多年的愿望,为我国核医学的对外交流揭开了新的一页。

继中美核医学座谈会以后,1988 年 10 月,由首都核医学中心和中国科协国际会议中心联合举办了北京国际核医学大会。这次会议规模空前,有 159 名外国专家和 150 名中国学者参加。许多世界知名的核医学家和学会主席参加了大会。知名核医学家、诺贝尔奖获得者、美国的雅洛教授也出席了大会并做了大会报告。

除了上述活动之外,学会下属的专业组还召开了不少全国性学术交流会,其中最为突出的是 1987 年湖南大庸会议。这是一次面向基层、以常规设备为主的核医学普及应用交流会。会议收到 292 个单位的论文共 842 篇,与会代表达 300 多人。这是一次反响良好、深受广大核医学工作者欢迎的成功的大会。

除了学术活动之外,反映我国广大核医学科学工作者辛勤劳动、艰苦创业、不断进取的论文发表在中华核医学杂志上。中华核医学杂志于 1981 年 8 月 15 日正式创刊,第一任主编为王世真教授,第二、三任主编为周前教授,至今出版了 9 卷 32 期。

综上所述,我国核医学已有了一支初具规模的队伍。核医学在整个医学和核技术中的地位 and 作用已得到了无可争辩的承认。当然,我国核医学还面临不少困难,队伍的结构不合理,发展不平衡,人员素质有待提高,前沿性的工作有点无面,与世界水平竞争还有差距。但我们已有了一个良好的基础,只要沿着改革开放的道路走下去,我国核医学就会出现一个更新的局面。

### 三、核医学与核物理、核电子学及核探测技术的关系

核医学的发展与许多相关学科有着密切的关系,核医学是临床实践与基础学科相结合最成功的范例之一。本文重点讨论核医学与核物理、核电子学及核探测技术的关系。考察核医学的发展历史,下列核物理现象的发现和新技术的创立对核医学的诞生和发展起了关键性作用。

1896年, H. Becquerel 发现铀的放射性; 1896年, 居里夫妇发现镭; 1930年, E. O. Lawrence 研制成功回旋加速器; 1934年, I. Curie 及 F. Joliot 用人工制造放射性核素; 1942年, F. Fermi 建成第一个核反应堆。这些发明和创造为核医学领域使用的放射性核素及射线源提供了理论和实践的基础。目前,核医学使用的放射性核素有两种类型和两种来源:一种是从反应堆生产的、产生 $\beta^-$ 衰变的放射性核素,又称单电子放射性核素;另一种是从加速器(尤其是医用回旋加速器)生产的、产生 $\beta^+$ 衰变的放射性核素,又称为正电子放射性核素或短半衰期放射性核素。除此之外,从六十年代开始,核医学界广泛使用发生器产生的放射性核素。发生器是一种可从较长半衰期母体核素中分离出由它蜕变而产生的较短半衰期子体核素的装置。由发生器分离出来的短半衰期核素能快速制成各种显象剂供临床使用。1959年, P. Richards 发明的钼-锝发生器把核医学推向了一个新阶段。因为 $^{99m}\text{Tc}$ 产生的140 keV $\gamma$ 射线很适合 $\gamma$ 照相机的性能。

医用回旋加速器在核医学中的应用起步较早。1953年,英国伦敦 Hammersmith 医院建立了世界上第一台医用回旋加速器,用于生产同位素及放射治疗。以后,美国、日本、加拿大、瑞典等国也相继生产和应用医用回旋加速器。由于耗资昂贵及与此相配的正电子探测器发展缓慢,这项技术至今仍限于少

数大的医学中心,在我国尚属空白。但从核医学发展趋势来看,短半衰期放射性核素的应用将会受到越来越大的重视。主要的短半衰期放射性核素有 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{13}\text{N}$ 等。短半衰期放射性核素在医学中的应用的优点是可加大注射剂量,改善图像质量,为动态研究提供短时间内可重复检查的机会。

核电子学与核探测技术的许多成就也加速了核医学的发展,提高了核医学的水平。其中两项最主要的技术是碘化钠晶体和单道脉冲分析器的应用。虽然碘化钠晶体有易潮解、发光时间长等缺点,但它的光子探测灵敏度高,至今在核医学的许多探测仪器中,探头的主要探测元件仍用碘化钠晶体。当然,在现代核医学仪器(如正电子发射计算机断层 PET)中也用到一些新的探测元件和探测技术。核医学选择探测元件作为核素显像设备的关键是高的灵敏度和好的空间分辨。在 PET 中,用到了飞行时间技术,还要求探测元件有极短的发光时间。现在常用的晶体除了锗酸铋(BGO)外,还有氟化钡及氟化铯晶体。单道分析器几乎用在所有的核医学功能测定仪和核素显像设备中。从功能测定和样品测量考虑,单道分析器的作用是提高信号与噪声的比值,提高测量精度。在核素显像中,单道分析器用来减少散射线,提高对比分辨,改善图像质量。为了实现多核素或多能量显像,现代 $\gamma$ 照相机和 SPECT 中都用三个单道。多道分析器也在这些仪器中广泛应用,其目的是选择正确的成像能峰。

七十年代初期,出现了 X 线 CT,这不仅是放射学的一次革命,也是整个医学影像技术的一次飞跃,形成了完整的现代医学影像学。它包括透射型计算机断层(X 线 CT 或 TCT)、发射型计算机断层(ECT)、磁共振成像(MRI)、数字减影造影(DSA)和 B 型超声。X 线 CT 的成功也是核电子学、核探测技术和计算机技术在医学中应用的成功。X 线 CT 的发明者、英国 EMI 公司工程师

Hounsfield 研究的第一台 CT 可以说就是一台核医学设备,因为他用的射线源是由同位素产生的,探测系统为碘化钠晶体、光电倍增管。由于同位素产生的射线源光子束流强度受到限制,后改为 X 射线源,但闪烁探测技术至今仍在 X 线 CT 中广为使用。

发射型计算机断层与透射型计算机断层有许多相同之处。它们所用射线源的本质是相同的,均为光子流;探测射线的方法相同,都用闪烁探测法;实现断层的原理和技术相同,都用图像重建和滤波反投影(FBP)。但 TCT 和 ECT 也有许多不同处,最本质的区别是射线的入射方式不同。TCT 的入射方式为 x 线从体外穿透人体,根据人体组织、

脏器和病变的物理密度差异来达到诊断的目的;ECT 则是把放射性核素注入人体内,通过组织的吸收后发射出  $\gamma$  射线,根据正常及病变组织浓聚放射性的多少来诊断疾病。两者是相辅相成,互为补充。

核医学不仅在技术上与核物理、核电子学及核探测技术有紧密联系,而且在组织形式上有固定结合。从 1983 年起,中华核医学会与核电子学、核探测技术学会联合举办了三届核医学电子学学术会议,并成立了跨两个学会的核医学物理专题组。许多从事核物理、核电子学、核探测技术的大学、工厂、研究所与医院有了密切的合作。今后我们还将更加紧密的增强这种结合,把核医学的水平提高到一个新阶段。

(上接 27 页)

痕量稀土元素对动物体内的分布积累、代谢、生育的影响。

## 7. 引力物理

应用部引力物理研究室近年来主要进行引力波探测、引力常数 G 的观测、地球引力场中光速各向同性检验、引力反平方定律的实验检验等。例如,为了验证周培源教授提出的必须在谐和条件下来解 Einstein 场方程的解的观点。该室开展了研究地球引力场中垂直光速和水平光速是否相同的光速各性检验实验。目前该实验已取得  $10^{-8}$  的垂直光速和水平光速实验的精度。作为实验的一个主要技术准备,发展了一种激光双频锁定微振幅测定方法,可以在一般实验室条件下测量  $10^{-12}\text{cm}$  的微振动。

## 8. 自由电子激光

应用部自由电子激光室自 1988 年开始正式承担国家“863”高技术项目—北京自由电子激光装置(BFELP)研制任务。

BFELP 是一台中红外自由光子激光器,

它利用电子直线加速器产生的高流强、低发射度和宽脉冲的优良电子束,通过高增益光腔中的扭摆磁场,以获得高强度的、波长连续可调的相干光辐射。此种辐射可广泛应用于科学研究和工业中,如在凝聚态物理、材料科学、光化学、激光医学等领域有广泛的应用前景。

目前应用部自由电子激光室正在建造一台能量为 17—37MeV(激光波长为 5—25 $\mu\text{m}$ ),宏脉冲宽度为 4 $\mu\text{s}$  的高亮度加速器,同时进行了扭摆磁铁及光腔的研制。预期在今年进行自发辐射试验,1991 年进行激光振荡器实验,为下步开展其它关键激光技术创造坚实的条件。

本文在成文过程中刘亚文、王世成、张天保、钟世才同志提供了一些材料,在此一并表示感谢。