

# 加强发展我国核医学的建议

○ 王世真 卢正福\*



## 王世真

福建福州人。生物化学家、核医学家，中国核医学事业的创始人。1937年毕业于清华大学生物科学与技术系，化学系。1948年和1949年在美国衣荷华大学分别获化学硕士、博士学位。历任美国衣荷华大学放射性研究所副研究员，中国协和医科大学教授，中国医学科学院首都核医学中心主任，放射医学研究所副所长，名誉所长，核医学国家重点实验室学术委员会主任。

20世纪50年代以来，我国社会状况处于不断的变化中，包括“文革”，导致我国核医学的成长历程较之发达国家艰难得多。对我们来说，要在一个占世界人口1/5的发展中国家提高核医学这门学科的水平，无疑是一项极具挑战性的任务。

新中国成立以来，我国的卫生保健事业有了长足的发展，特别是实行改革开放以后，人民的健康状况发生了巨大的变化。2001年，国人的平均预期寿命是71.4岁，较1991年增加了2.8岁。过去的10年，传染病发病率明显下降。

我国的核医学发展史并不为国外广为了解。1956年，卫生部委派丁德洋教授和我在西安举办了第一期生物医学同位素应用训练班，这是我国实验核医学的开端。1958年，又在北京举办了第一期放射性同位素临床应用训练班，随后在天津、上海和广州相继举办了第二至第四期，这是我国临床核医学的起始。尽管我国核医学起步并不晚，但其进展却不尽如人意。

表2 1956年~2008年在我国举办的核医学课程和会议

年份	学术活动
1956	放射性测量仪器训练班(西安)
1956	第一期生物医学同位素应用训练班(西安)
1957	第二期生物医学同位素应用训练班(西安)
1958	第一至四期放射性同位素临床应用训练班(京、津、沪、穗)
1958	全国放射防护学习班
1958	派团出席在捷克举办的国际同位素应用会议，并在大会报告“两年来中国医学科学院应用放射性同位素的成就”。参观捷、苏有关研究机构
1972	放射性同位素与射线应用展览会(北京、深圳等地)
1972	全国原子医学专题经验交流会(北京)
1973	同位素新技术经验交流学习班(四川简阳)

## 我国核医学一瞥：过去和现在

表1列出与我国核医学发展有关的一些重要历史事件。

表1 我国核医学史上的里程碑

年份	重要事件
1956	第一座反应堆运行，生产33种放射性同位素
1960	建造第一台线性扫描仪
1961	设立放射性药物质量控制机构
1963	第一批回旋加速器生产的同位素供应用户
1963	研发和应用首个放射免疫分析方法
1964	生产氙
1965	生产99.8%的富集重水
1972	供应 <sup>99m</sup> Tc发生器和 <sup>111</sup> In发生器
1977	安装首个国产 $\gamma$ 照相机和引进国外 $\gamma$ 照相机
1980	中华医学会核医学分会及中国核学会核医学学会成立
1981	《中华核医学杂志》出版发行
1988	在北京举办国际核医学大会

表2总结了我国与核医学有关的主要学术活动，其中多数为中华医学会核医学分会所组织。

致谢：本人撰写了本文的英文稿 (Recommendations on Strengthening the Development of Nuclear Medicine in China)，刊登于 *Chin Med Sci J* 2009年第1期。有些读者建议将该稿译成中文，今承天津放射医学研究所分子核医学重点实验室卢正福教授代译全文，特此致谢。王世真

续表2 1956年~2008年在我国举办的核医学课程和会议

年份	学术活动
1977, 91, 2003	实验核医学座谈会
1979, 83, 84, 86, 91, 95, 2004, 08	体外放射分析培训班
1979	全国胃癌放射治疗专业会议(旅大)
1980, 84, 89, 93, 97, 2001, 06, 08	全国核医学大会
1980	全国放射医学与防护学习会议(北京)
1981, 87	放射性核素诊断座谈会
1981	核医学质量控制会议(桂林)
1982	全国核医学进修班(太原)
1982, 99	受体放射分析专题讨论会
1982	脏器功能动态检查专题讨论会(郑州)
1982, 86, 90, 94, 98, 2002, 06	组团参加第3~9届世界核医学和核生物学大会
1983, 92, 99, 2001, 04, 05, 08	全国心脏病学学术交流会
1983, 93, 2000, 03	放射性核素治疗座谈会
1983	全国核技术在中医中药中的研究应用学术交流会
1983, 94	伽玛照相机学习班
1983, 94	中美核医学座谈会
1983, 85, 91, 93	全国核医学电子学学术会议(北京)
1984, 85, 87, 90, 92, 96, 98, 2001, 04	放射性药物和标记化合物学术讨论会
1985, 91, 2004, 06	核医学教育研讨会
1986	国际豁免分析师资培训班
1987, 2006	核医学普及应用交流会
1991, 92	伽玛照相机及SPECT质控培训班(北京、成都、广州), IAEA资助
1993	世界华人核医学讨论会(无锡)
1994	放射性药物质控培训班(北京), IAEA资助
1995, 99, 2003, 06, 07, 08	中青年核医学学术交流会
1995, 97, 99	中日核医学学术交流会
1996	两岸核医学学术研讨会
1996, 2004, 06, 07	核医学发展战略研讨会
1998, 2004, 06	放射性显像及治疗研讨会
1998	中韩核医学学术会议
1999, 2002, 07	核医学技术研讨会
2000	中华医学会、中国核学会核医学分会成立20周年庆祝大会暨全国高能正电子成像研讨会(北京)
2001, 03	PET临床专家研讨会
2002, 07	核医学科主任培训班
2002, 03	“两岸三地”专家PET读片会
2002	中日韩核医学学术会议
2002	IAEA主办的国际心血管核医学研讨会(北京)
2003	实验分子核医学学术及教学研讨会(沈阳)
2004	第八届亚洲和大洋洲核医学与核生物学大会(北京)
2005	“两岸三地”专家PET/CT读片会
2006	分子核医学暨分子影像学学术交流及杂志编委会(西安)
2006	核医学中韩合作会议(三亚)
2006	第九届世界核医学与生物学联盟大会卫星会议(武汉)
2006	高校核医学教师示范教学讲习班(武汉)
2007	神经核医学与神经科学新进展研讨会暨核医学科普专家工作会议(宜昌)
2007	“两岸三地”分子影像学新进展研讨会(厦门)
2007	甲状腺疾病治疗研讨会
2007	全国肿瘤核医学新技术研讨会及专科医师教师审稿会(乌鲁木齐)
2007	<sup>131</sup> I治疗甲状腺功能亢进多中心临床研究启动会议(广州)
2007	第159次中国科协青年科学家论坛——分子影像学与肿瘤学(上海)
2007, 08	中国核医学周
2007, 08	放射性药品价格座谈会(国家发改委药品价格评审中心, 北京)
2008	2008全国放射免疫分析现状与发展高峰论坛(潍坊)

中华医学会核医学分会会员还经常出席其他学会举办的与核医学有关的学术会议, 如有关活化分析(1978, 1983, 1984)、稳定同位素(从1982年起每年1次)、液体闪烁计数(1982, 1984, 1986)、核电子学及探测技术(1979, 1981, 1983, 1985, 1986, 1988, 1991, 1993)的会议, 以及核化学及放射化学等学会召开的学术会议。

我国核医学的科研和临床应用成果主要发表在《中华核医学杂志》上; 也有一些核医学论文发表在其他一些刊物上, 如《核科学与技术》(1975年创刊)、《核技术》(1978)、《辐射防护》(1978)、《核化学与放射化学》(1977)、《稳定同位素杂志》(1981)、《中华放射医学与防护杂志》(1981)、《中国工程学杂志》(1981)、《同位素》(1988)和《国际放射医学核医学杂志》(1977)。

有趣的是, 有关核技术及其应用的展览会吸引了众多感兴趣的观众, 他们对展示的展品很感兴趣。看来, 今后的工作重点应放在对大众的科学知识普及上。

目前, 我国设有核医学科的医院约有850家, 工作人员9000多人。实际上, 所有这些核医学科都是单独开展工作的, 并不与放射科合并一起。迄今, 我国已进口18台PET, 83台PET/CT(北京9台、上海8台、广州9台、山东6台、江苏6台, 其余分布在天津、河北、重庆、吉林、

湖南、安徽、福建、浙江、广西、四川、云南、山西、新疆和内蒙古)。

现在我国正在运行的回旋加速器有2座(质子能量0~30MeV)。至2007年3月,全国各地医院安装的小型回旋加速器有42台。2006年,我国生产的放射性同位素达1606021批,不包括<sup>18</sup>F氟代脱氧葡萄糖(FDG)和其他在医院制备的短寿命显像剂(表3)。有34种体内放射性药物已获国家食品药品监督管理局(FDA)认可。

表3 2006年生产的放射性同位素产品量

产品	产量(批)	放射性(Ci)
放射性药物	1115621	11896.4
<sup>99m</sup> Tc冷药盒	76017	
放射化学试剂	1259	95.5
放射免疫分析药盒、免疫放射测定药盒	292862	
非同位素免疫分析药盒	17432	
辐射源	702830	
总计	1606021	

### 核医学在生命科学和卫生保健中的作用

原卫生部钱信忠部长在全国科学大会上指出:“核医学的发展,是医学现代化的一个重要标志。”核医学涉及同位素的医学研究和应用,也是“原子能和平利用”最突出的成就之一。

约翰·霍普金斯医学院亨利·瓦格纳博士(Henry N. Wagner, Jr)2008年提出“疾病分子论”这样一种学说,认为疾病是由于正常的控制过程失效所致。核医学仪器,如单光子发射计算机断层显像(SPECT)和正电子发射断层显像(PET),可以在活体内“真实的生理环境”下直接观察,定量和追踪整个分子的过程。简单地说,核医学能看到机体内细胞、组织的化学过程或隐蔽过程,从而揭示生命的奥秘。甚至可以在早期基因组和蛋白质组发生错位时就发现患者的“病前状态”。应用分子显像和显像剂(探针或指示剂),可以无创观察、鉴定和测量脏器的生化过程,获得提供疾病信息的“功能性”显像,给生命科学带来了革命性的变化。

1985年,Wagner做了一次让人印象极其深刻的陈述:“生理学的化学基础的发现,特别是智力功能,是一次革命性的变化,正如进入本世纪时原子物理的发现和1950年代分子生物学与遗传

学之间的关系发现所带来的革命性变化一样。核医学是可以研究智力功能化学基础的唯一技术。”

早期发现、早期诊断和早期治疗有利于征服疾病。遗憾的是,患者出现症状后去看医生时,许多分子水平的生化变化早已出现,从而错过了最佳治疗时间。结构性变化通常滞后于代谢性变化很长一段时间。

当今,从世界范围来看,分子核医学已成为医学的主要学科。例如,在美国,每年用于医学诊断和治疗的核医学方法超过2000万人次。很多人到医院做检查时,先去看核医学科,而不是做创伤性检查。核医学的活力在于它能将基础学科的最新成就迅速转化到临床实际应用中去,给患者带来好处。

2001年,我国65岁以上的老年人达到9062万,占总人口的7.1%。我国65岁以上的老年人患阿尔茨海默病和帕金森病的分别为500万和170万,与西方发达国家这两种疾病的流行趋势相仿。我国近年来威胁最大的疾病是脑疾患、心血管疾病和癌症。

核医学可以探测β淀粉样蛋白或出现症状前在丧失功能的网状系统发生的老年痴呆症的病理改变;分子显像也是各阶段癌症管理最有用的工具,包括癌症预测和筛查以及用作探测、分期、预后、治疗计划、治疗指导、治疗响应、判断是否复发和病情减缓的活体检查等。

PET具有较好的分辨率、精密度和灵敏度,对患者产生的剂量很小,因而优于SPECT。最新的多模态仪器PET/CT比PET的性能还要优越,它是一种可以同时观察机体内功能与结构的十分优异的设备。此外,PET/CT还可提供快速扫描;它用于放射治疗计划的独特优势是PET和CT单独使用所不具备的。

总之,生命科学和卫生保健已进入一个新时代——分子时代。作为分子医学的基石,核医学将会揭开未来医学科学的神秘面纱。核医学示踪剂现今已被广泛应用于世界各地几乎所有的生化实验室。

### 存在的问题及其对策

我国核医学已取得明显的进展,但仍存在不少障碍,影响今后的发展。第一个障碍是,医学界对核医学的重要性知之甚少。第二个主要障

碍是，缺乏重点在“质量”而不是“数量”的驱动力。当然，我们也避免不了在所有发展中国家经常遇到的科研经费短缺、高素质人才外流的问题。此外，还有许多亟待解决的问题。在思想观念的转变上严重滞后，安于仿效别人而忽视原始创新，只强调个人突破而忽视整体水平的提升，急功近利，忙于发表论文，而不考虑长远的实际贡献。个别论文的结果不一定可靠，有的研究工作或临床业务的设计还需要改正。

我国仍是一个发展中国家，不可能一夜之间就把所有问题都解决。我们只能集中在一些主要问题上，以求实现一些有限的、但可达到的目标。下面是解决这些问题的对策。

### 加强培训体制

关于我国核医学培训工作的情况，我们需要的是一支热心事业的青年科学家队伍和合格的工作人员，我国核医学专业缺少能够满足21世纪发展需要的顶尖级人才。合格的人才应通过如下的多种途径选拔或培养。

继续教育：为了制定经济有效的培训计划，最好的办法是在北京、上海、广州和成都组建培训中心，这些城市有组织良好的医院，核医学专家相对集中。上述4个城市中，可于每个城市成立一个经过精选的专家组，他们受中华医学会核医学分会委派或邀请：（1）提供必要的教材；（2）举办适合各类核医学工作者的培训班；（3）对参加培训班的学员颁发证书，并向有关单位发送学员接受继续教育的学分资料。

这种在职培训计划，使终生学习和不断改善医学院校教学质量成为可能。核医学医生及科技人员应当具备某种必需的知识和技能，以便能更好地了解和掌握核医学专业的最新发展动态。

如采纳这个建议，无需建设新教室，也无需添置新设施，唯一需要的仅仅是兼职的培训教学人员。作为回报，参加培训人员的所在单位应向教员支付学费。

继续参加国际原子能机构（IAEA）的活动：IAEA一直居于全球培训的前列，担负着向全世界传播核医学的重任。1985年，我亲自出席在维也纳召开的IAEA专题研讨会。自那以来，我国学者和学生从IAEA那里获得了不少好处。周前教授和林祥通教授作为IAEA协调员及我国IAEA专家组成员为国内核医学工作者获得IAEA培训或资助都做了大量工作。许多IAEA的培训班在中国和亚太

地区的其他地方举办，IAEA还派出各种专家代表团到我国访问。加强与IAEA的联系对我们很有帮助。

选派一批年轻学者和医生到国外学习：科学进步的关键在高素质的专业人才。定期选派刻苦努力、正直忠诚的年轻学者到国外著名的实验室短期培训是十分明智的。

引进国际人才：在国家自然科学基金的资助下，我国的一流研究中心可以充分利用国际人力资源，采取各种措施引进海外著名华人科学家到国内开展研究工作，同时鼓励海外华人学者与国内学者开展联合研究。当然，前提是制定出十分优秀的研究计划，以吸引世界各地杰出的核医学科学家。

### 寻找新的放射性药物

核医学发展的关键是要有合适的同位素示踪剂或生物标志物。核医学利用核素标记分子，如代谢物、营养成分、药物、受体、抗菌素、多肽及其他物质，来研究疾病表型的生化变化及其与相应的基因型的关系，以便仔细地、精确地研究代谢与基因的异常。因此，核医学领域的进展是否成功，首先将取决于适用的生物标志物的发现。

研制新的生物标志物的研究计划和方法建议如下：（1）从化学和放射化学要求以及动物模型考虑，严格选拔候选分子；（2）有机合成或生物合成制备用作标记的参考化合物或前身物，纯化，光谱鉴定；（3）自动化放射合成，纯化，质量控制；（4）在适当的动物模型（经过培育和处理后的动物）用小动物PET进行评价，用放射高效液相层析法作代谢物分析，显像，对显像进行分析；（5）在出版物和会议上报告研究结果；（6）对有苗头的候选药物做进一步研究。

建议对研究或生产放射性药物具有丰富经验的几家研究中心联合对该研制计划共同负责。这些研究中心是：（1）无锡卫生部核医学重点实验室；（2）教育部北京师范大学放射性药物重点实验室；（3）天津市分子核医学重点实验室；（4）中国医学科学院临床药理研究中心，与中国医学科学院国家医学分子生物学重点实验室合作。

### 解决设备问题

在我国许多小城市医院，没有专门的设施和足够的人力资源来提升高技术核医学设备，特别

是PET或PET/CT的应用。卫生部已对购置500万元以上的昂贵医学仪器加强管理，在批准以前须经过专家评估。这是极其适当的政策。

自力更生原则要求我们应当鼓励开发制造高技术核医学仪器。最近，清华大学核物理系建造了一台小动物SPECT。1992年，中国科学院高能物理研究所是在芝加哥大学陈津渡教授的慷慨帮助下，生产了第一台国产PET，2007年又成功生产出小动物PET。根据这两个单位以往取得的成绩，我们希望，国家发改委和科技部能指定清华大学和中科院高能物理研究所为我国制造PET/CT和SPECT的研发中心。

### 改进临床实践质量

在《中华核医学杂志》上登载指南：2006年以来，我国医院拥有的PET/CT数经历了一个空前的快速发展期，结果出现这样一种严重局面：由于缺乏足够的知识而不知如何正确使用这些昂贵的仪器。解决这个问题的办法是，制定标准化的操作规程供所有医院使用。标准化操作规程可登载在《中华核医学杂志》上。对某些方法如 $^{18}\text{F}$ -FDG诊断癌症的指南，必须包括临床应用各个阶段分子显像技术的定量方法和标准结果的获取。这有助于核医学医生知道如何解释CT，放射科医生知道如何解释PET。

2007年，上海做PET检查总数为15616人次，2008年上半年已达到10578人次。据估计，仅上海1个城市，1年做PET检查将超过20000人次。上海复旦大学附属华山医院迄今已完成20000人次以上的PET检查，积累了丰富的经验。事实上，我们在华山医院的同事早已在《中华核医学杂志》上发表了指南，而且，该院的林祥通教授一直强调质量保证和质量控制的重要性，他本人就是核医学方法质量控制中心的负责人。因此我建议，制定指南的任务应由上海的核医学专家团队来完成，邀请林祥通教授负责此项任务。

某项特定方法的指南一旦发表，其价值的进一步证实需要多中心追踪。一些新方法高度依赖于一系列高质量样本及具有相关数据的大量病例。解放军总医院的田嘉禾主任发表过有关多中心追踪的优秀论文，实现了一个良好的开端。毫无疑问，他是负责这项活动的最佳人选，这项工作需要合作单位制定多年度的长远计划。

与其他部门协作：核医学是一门多专业的学科。多数的核医学科有医生、化学工作者、药

师、肿瘤学家、神经病学家、病理学家、生物信息工作者及其他科学工作者一起工作。在解释显像时，咨询其他科室的医生是极其普通不过的事情。使用PET/CT的制定“调强放射治疗”（IMRT）计划时，需要与放射治疗医师合作。兼具功能和代谢信息的调强放射治疗计划，能将最大的辐射剂量传递到肿瘤代谢最活跃的区域和绝大部分的局部病灶，而不损伤正常区域。

建立全国专家组：大约20年前，卫生部成立了全国核医学与放射医学专题委员会，帮助政府制定有关原子能和平利用和军事应用的政策。建议由中华医学会核医学分会的领导人组建类似的专家组，经常与各部委保持接触，以便能更好地制定核医学领域的卫生政策和规章制度。

目前需要解决的一个问题是有关补贴的法规问题。PET和PET/CT检查的高费用阻碍了这种原本对患者很有用的仪器的使用。当低收入患者迫切需要做PET检查以便确诊和有效治疗时，他们却因得不到医疗补贴而失去做检查的机会，这是很不公平的。鉴于城乡之间在卫生保健质量方面的巨大差距，有必要建立一个广泛涵盖低收入工人和农民的医疗保健计划。在美国，许多常见病（包括各种癌症及心、脑重症）做PET/CT检查是准许给予补贴的。希望在我国不久也能像美国一样，通过类似的法规。

SPECT也是一种广泛使用、但费用比PET低得多的检查设备，大多数市民都能承受。最好在未来5年内在全国城镇推广SPECT，使其得以充分发挥作用。

加强国际交流与合作：通过不同的有效途径发展国际合作很有必要。21世纪标志着知识化和经济全球化时代的到来，也标志着基于科学技术的综合国力激烈竞争时代的到来。因此，促进国际合作交流对实现国家现代化和实现共赢都是十分重要的。

我们核医学科已与包括法国、英国、美国、德国、奥地利、澳大利亚、日本、香港和台湾等30多个国家和地区的姊妹医院和研究机构建立了双边合作交流关系。这种合作交流应当继续。与此同时，我们还需扩大多渠道的共同国际研究计划。

### 建立创新药物发现及开发的分子核医学平台

创新药物的开发是实现我国医药研究任务的头等大事。药物的开发是一项高投资、高风险、

耗时的工作，其花费在上升。据估计，研究成功一个药物耗资超过8亿美元，需时10~15年。如果某个候选药物在人体试验中发生不利反应，将不可避免地造成时间、人力、财力的重大损失。而PET/CT则可以很好地解决这个问题。正电子发射体可以很方便地在体内对一系列药物诱发的事件，如吸收、分布、排泄、代谢、在靶器官组织的浓集、生理生化反应、药代动力学和毒性反应等进行动态的、连续的、无创伤的观察，因而可及时发现即将发生的事件，这是常规技术所无法做到的。

配备PET/CT和小动物PET的分子核医学平台是研发创新药物的一种最基本手段。随着基因组学、蛋白质组学和疾病基因组学的迅速发展，疾病的诊断正在经历一个从表型观察和常规生化试验向分子水平多基因客观检查转变。在新近发展的方法中，用同位素进行的分子显像可以显示基因转录和翻译。这种分析基因和蛋白质表达的新颖方法无疑是一种特异的、无创伤的、整体的、连续的检查方法。检查时患者处于一种舒适的神志清醒状态。这是其他任何分析方法所无法取代的。

设在北京协和医院的放射性药物研究及培训单位（最初是由IAEA创立的）可以选作该平台起始阶段的场所。在北京协和医学院校园内，国家医学分子生物学重点实验室和临床药理中心是我国著名的基础医学和临床医学研究机构。这3个机构如能联合开展工作，将会创立一个崭新的、令人赞许的药物发现及开发平台。

早期阶段，平台只需配备一个经过挑选的研发小组。欢迎其他院所的在职专家来工作。邀请有经验的华裔专家到平台兼职工作，并请他们推荐国外有成就的中青年科技工作者回国充实研究团队。除少数全职工作人员外，该平台与我国其他的实验室和药物厂商通力合作，将会实现互利共赢。在取得某些进展后，该平台可尽力设法与世界著名的领军研究中心合作，如法国原子能委员会（CEA）的Frederic Joliot Service医院、美国加州大学洛杉矶分校（UCLA）和英国医学研究委员会（MRC）回旋加速器中心。

传统祖国医学是宏伟的医药学宝库。PET/CT和小动物PET可以用来研究中药复方或单方在体内对特定区域、特定功能和特定靶分子的作用，从而提供一种观察中药在活体内动力学情况

的手段。

除了药物外，毒性物质也是当前颇受关注的课题。为了打赢未来高科技条件下的现代化战争和模拟和平时期的应急事件，要求我们尽快开展化学毒剂战和工业化学产物（特别是那些引起脑损伤和脏器损伤的化学物）中毒机制。再次强调，作为一种无创伤的体内功能显像技术，PET/CT将在这方面的研究工作中起到独特的作用。

### 提高公众对核医学重要性的认识

本文前面部分已对核医学在分子显像的意义进行了阐述。然而，必须强调，核医学不只限于显像。每一个核医学科都已开展了如甲状腺碘摄取、肾图和胃排空时间等功能性试验；一些医学中心则开展了较为复杂的检查方法，如全身计数、活化分析、质子激发X射线分析。基础核医学（也称实验核医学）和临床核医学同样有价值。人们现在亲历目睹的、在诊断和治疗人类疾病中的许多引人注目的成就，很大程度上是基于上个世纪的基础核医学研究。从1930年左右开始，许多著名的科学先驱（Hevesy, Schoenheimer, Rittenberg等）在研究工作中都熟练地应用同位素示踪技术，对生物化学研究起了巨大的推动作用，导致人们对生命系统的认识发生了根本性的改变。例如，放射性同位素和稳定同位素示踪方法提供了蛋白质、核酸、胆固醇、吡啶等的合成信息和体内所有组成成分的代谢信息。1959年，Yalow发明放射免疫分析法；该分析法和体外核医学分析法已在全世界广泛应用于测定和研究激素、受体和神经介质等。同位素也经常用于疾病治疗。例如，用<sup>131</sup>I治疗甲状腺功能亢进，用<sup>60</sup>Co和<sup>90</sup>Y这些发射β射线的同位素直接照射肿瘤或远距治疗。

扩大核医学技术的应用，有可能加速卫生保健的发展，使其简化、甚至减少卫生保健的费用，也有助于实现个性化医学。

我的结论是，我们急需对医学界、公众和政策制定者进行教育：核医学是促进健康、挽救生命所必不可少的。

本文的建议仅是个人的粗浅意见，需要广泛讨论，也热烈欢迎大家提出建议和批评。

（致谢：本文涉及的各种材料需要许多视野开阔、经验丰富的专家的贡献。我要特别感谢复旦大学附属华山医院林祥通教授、中国同位素与辐射行业协会陈殿华秘书长给予的支持。本文在撰写过程中还得到孙婷和穆龙两位研究生的热情帮助。谨向他们致谢！王世真）

（本文转载自2009年10月《基础医学与临床》第29卷第10期）