

用于人体健康的核应用：跟上前进的步伐

介绍今日造福于人民的与健康有关的各种核应用
及 IAEA 计划的演变

Alfredo Cuarón

上个世纪末的 1895 年，人们发现了 X 射线，1896 年又发现了放射性，从此开辟了一些全新的科学领域。对医学界来说，自那以后，这个领域一直在不断地变化，但有些国家的变化要比另一些国家的快得多。

在过去的 100 年中，X 射线已像牙医的椅子那样为大多数人所熟悉。对于现今的医生们能够用来对多种疾病进行及早诊断和治疗的辐射技术和核应用，尽管人们还不太熟悉，但它们确实影响深远。随着我们向下个世纪迈进，此类辐射技术和核应用正在受到越来越多的注意。在这些工具中，有许多是国际原子能机构(IAEA)自身在人体健康领域的许多计划的核心。这些计划的宗旨是鼓励和支持传授与健康有关的核应用。机构正在使这些计划越来越适应能影响保健和治疗效果的多变而复杂的条件，尤其是适应发展中国家里面的条件。

本文将以问答方式阐述用于人体健康的各种核应用之间的差异，并介绍 IAEA 的有关活动的演变及其策略。

什么是核应用？

什么是用于人体健康的核应用？从根本上说，它们是利用核辐射的电离本领或利用特定放射性核素的某些特性的各种应用。第一类应用被用于破坏病变组织，例如癌的放射治疗。第二类一般被用于获取对

医学诊断有用的信息，例如核医学研究。其中的某些应用是核能的历史最悠久和最人道的应用。它们也是世界上使用范围最广泛的核技术。

什么是放射治疗？放射治疗是将强度较高的电离辐射集中到肿瘤上，达到消灭恶性组织所有痕迹的目的。据估计，目前每年发生的癌症新病例达到 1000 万个，其中大多数发生在发展中国家。所有癌患者的 60% 以上都需要以某种形式的放射治疗作为治疗的一部分。虽然仅靠手术治疗的癌患者所占的比例很大，但在以治愈为目的的综合治疗方案中，放疗和化疗正在成为经常使用的方法。

假如他或她能享用正确诊断和最佳治疗所需的一切设施，那么有治愈可能性的患者(占癌患者的 30% 到 40%)成功地得到治疗的机会就会大得多。然而，此事并不总是可能的，只能从实际可利用的条件中挑选。正如世界卫生组织(WHO)所说的：“好的外科手术优于坏的放疗，但同样正确的是，好的放疗优于坏的外科手术”。放疗在减轻病痛方面也具有重要作用。这就是说，在疾病已进入晚期的多数情况下，放疗总能起一些作用。

放疗是不是一种新的医疗应用？完全不是。人们在差不多一个世纪以前(1896 年)就开始使用 X 射线进行放疗了，那时称作伦琴疗法，即以 1895 年发现 X 射线的德国物理学家 W. C. 伦琴的名字命名的疗法。从 1903 年开始，伦琴疗法的名称逐渐被为纪念法国科学家居里夫人而得名的居里疗

Cuarón 博士是 IAEA 研究与同位素司人体健康处处长。

法所取代。从技术上讲,这是核能的首次实际应用。这种疗法是让镭源与肿瘤紧密接触。它持续了近半个世纪,直到在回旋加速器和核反应堆中生产出核特性和放射生物学特性更优越的人工放射性核素为止。

现今的放射肿瘤学家,可根据特定患者的临床需要选择不同的治疗方案:

近距离疗法,这种疗法使用 β 粒子源,让它与肿瘤紧密接触,就像治疗位于子宫颈及其它腔体或体表处的癌时所做的那样。

远距疗法,将 γ 辐射源置于距肿瘤一定距离处,就像治疗各种深位癌时所做的那样。

在多数工业化国家和极少数发展中国家里,也有使用电子加速器而不是放射源治癌的,而且效果往往更好。此外,在不断出现一些新的技术,虽然它们越来越复杂和越来越昂贵,但它们更加安全和更加准确。这些技术动用的是质子加速器、中子辐照器、硼—中子俘获及重离子加速器。

示踪技术和核医学

“示踪方法学”指的是什么?几千年以前,中国人就曾利用着色软木块示踪长江的水流。两三千年后,埃及人改进了这种方法,利用大量可溶于水的染料示踪尼罗河的水流。目前,为了能通过跟踪放射性示踪河流、湖泊或海洋的水流,或示踪水在活生物体中的代谢过程,只需几个克分子的放射性水。

在贝可勒尔于1896年发现放射性后仅几个月,有人就提供了能说明放射性示踪方法学的灵敏度极佳的例子。居里夫人发现,沥青铀矿的放射性要比根据那时已知的两种放射性元素(铀和钍)的含量预估的高3倍。她的结论是,沥青铀矿中必定含有仍然未知的别的放射性元素。她决定利用不同的溶剂和化学反应处理这些沥青铀矿,同时测量各种反应产物的放射性,以便弄清楚未知元素的化学性质。最后,她成功地从8 t 沥青铀矿中分离出了100 mg 镭——按重量计,镭与其它元素之比是 $1:(8 \times 10^7)$!

示踪方法学自何时开始可适用于生物医学科学?1932年,Blumgart利用铋的一种天然放射性同位素作为血流的示踪剂。通过探测人体不同部位的放射性,他能高度准确地测出血液从静脉注射部位循环至被测部位的相应时间。这是有史以来首次利用放射性示踪剂进行人体生理学实验。

几年之后,一些化学家开始利用别的放射性核素示踪特定有机分子的连续合成与分解过程,结果形成了现代的生物化学。若要了解发生在活生物体内的各种代谢循环,如果不利用同位素示踪原理就完全不可能。只有利用稳定的或放射性的同位素给所需的原子加上标记,才能示踪给定原子在错综复杂的生物化学过程中从一个分子转至其它分子的路线。

核医学如何利用放射性示踪原理?核医学是以利用其生物学行为已知的少量放射性分子示踪特定的功能和生化过程为基础的。可以把这类示踪剂(或称作“放射性药剂”)看作被制导的分子探针(探针)。如果给患者服用(体内)或加到试管内的组织样品中(体外),那么只要1亿个分子探针就能搜遍全身或整个样品。它们一直搜索到遇上靶细胞中的识别点为止。在这些靶细胞中,它们的可溶性、电荷和形状使得它们被有选择地结合进某种细胞成分,被特定的组织浓集,或被某种器官排出。

这种信息怎么会具有诊断价值?当这些分子探针在血液中流动或聚集在一些特定部位时,可利用外部探头测量其发射的辐射,从而知道它们的踪迹,提供功能和生化方面的定量数据。这种信息通常由 γ 照相机以平面图像或二维图像形式给出。这些图像显示的是放射性示踪剂在人体内的空间分布,反映的是某种生化或功能过程的性质和区域分布。一种称为单光子发射断层术(SPET)的方法,则以人体断层的二维图像方式显示这种分布。最先进的系统被称为正电子发射断层术(PET)。它利用被回旋加速器中产生的正电子发射体标记的分子探针获得所需的图像。人们利用这种方法便可分析生命的最精细的生化过程,

包括脑内放射性神经递质与神经受体之间的相互作用。这样,对于以前被认为源于“精神”的疾病(痴呆、精神分裂、抑郁症、妄想狂)或仅仅是“变性”的那些疾病(帕金森氏病),这种系统能提供独特的、有关它们的生化基础的图像。

总之,核医学显像的独到之处是,它能够利用不同的放射性示踪剂分辨给定器官的多种多样功能。例如,就心脏而言,有可能研究它的 14 种功能,其中包括在心脏的不同部分发生的生化和代谢过程。

核医学只是临床放射学的一种高级变种吗?完全不是。虽然两者都以利用电离辐射为基础,但它们所面对的是两种不同的医学专业。

临床放射学始于 1895 年 11 月,即伦琴发现 X 射线后不久。医生们首次可以不用外科手术,而是观察 X 射线在照相底片上产生的阴影,就能仔细研究患者体内器官的结构。这些阴影的明暗度与组织的密度有关。从这样的图像上可获得有关不同器官的大小、形状、位置和密度的极其简洁的信息。换句话说,它们是解剖学性质的图像。当然,在这个过程中,患者的一大片身体会在极短的时间内受到极强电离辐射的照射。就来源而言,这种辐射不是核辐射。虽然解剖学确实很重要,但这只限于对各种构件进行研究,而这些构件只在病情发展到极晚期时才起变化。放射片并不能提供关于生物化学和功能的任何线索。事实上,放射学家利用尸体也能获得极好的放射片。

另一方面,核医学是在放射学问世近半个世纪后才诞生的,那时已经能利用回旋加速器和核反应堆生产人工放射性核素。它是在示踪方法学原理的基础上自然而然地发展起来的,目的是探查活分子的行为。核医学远远超出了解剖学的范畴,进入了生理学、生物化学和分子生物学的范畴——它的研究对象必须是活体,它无法提供尸体的显像。

放射学与核医学间的这些差别在医学诊断方面有什么含义?它们提供不同的医

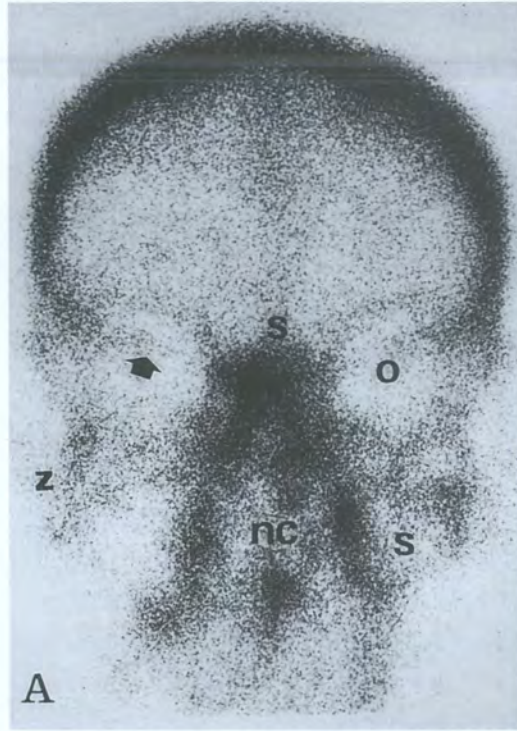
学指征。放射学用于探知疾病的结构影响,而核医学则用于研究疾病的生化和功能后果。放射学对于成功地治疗骨折是十分重要的,而核医学在这方面的作用即使有也很小。某一器官或某一系统范围内的疾病,通常是从分子这一层的生化紊乱开始的,放射学与核医学的相对价值必须从疾病的自然发展过程这个角度进行考察。随着时间的推移,该器官的局部功能或整体功能受到影响,但结构方面的第一批变化仅在很晚期才变得明显。例如,在骨骼的放射片中见到明显的结构变化之前 6 至 12 个月,核医学就能探测到由来自乳腺癌和前列腺癌的骨转移产生的第一批生化征候。就这种具体情况而言,核显像对于该患者来说是至关重要的。

核医学的一大优点是,它不像放射学那样是面向器官的,而是面向问题的。核医学不仅仅是给一些老的疾病提供新的检验方法。它用局部的生化和生理学词语描述临床问题,并利用这方面的测量结果帮助解决这些问题。疾病的生化和功能表征方法,不仅能给诊断而且也能给预后和治疗(不管是药物治疗,外科手术,放射治疗,还是它们的某种组合)提供有力的依据。

我们可以拿乳腺癌为例加以说明。乳腺癌可以依靠乳房射线照相很好地诊断,它可以指出严重的预后和作外科手术与放疗的必要性。但如果核显像表明此处的肿瘤有能力浓集放射性雌激素,则证明该肿瘤拥有雌激素受体,因而能够用药物进行成功的治疗。这一发现不仅改变了预后,而且避免了创伤性治疗。这并不意味着核医学排斥放射学。实际上,两者的作用是互补的。在这种情况下,乳房射线照相用于诊断,核医学则用于确定最佳的治疗方法。

安全性与灵敏度

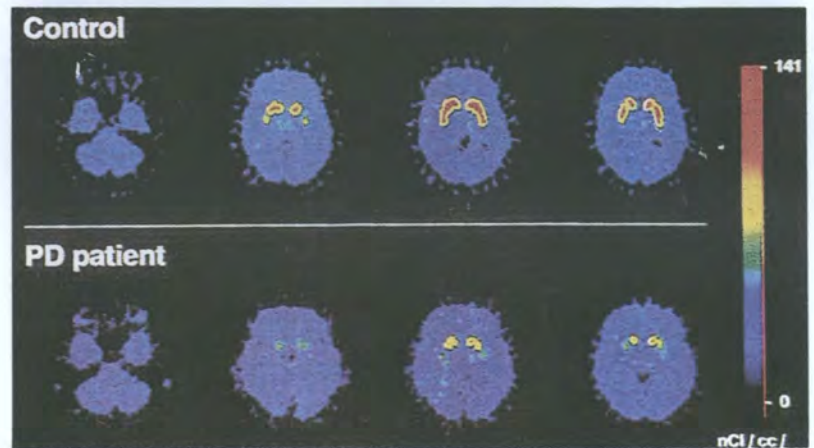
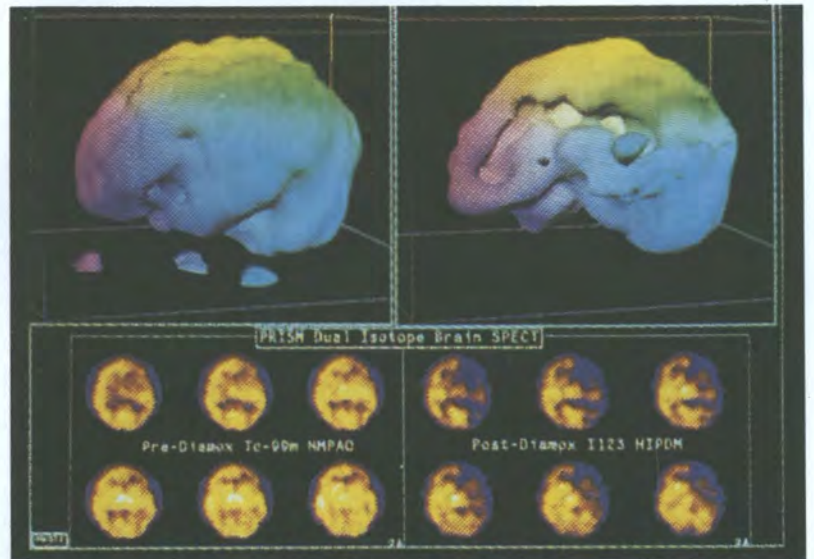
患者内服放射性核素是否安全?核医学中使用的放射性核素是经过特别挑选的,而且半衰期较短。所服剂量中的放射性刚好够灵敏的核医学仪器探测。虽然放射性核素逗留在人体内的时间与利用 X 射线



(左上起顺时针)

人头颅视图：一个正常人的X射线前位像。该图十分详细地显示出头颅骨构件的解剖。接着显示的是利用核医学显像术得到的同一受试者的前位平面像。它告诉医生们，头颅每一区域和面骨的磷酸根代谢的正常数量是不同的，颅骨和面骨的磷酸根代谢更活泼。

人脑视图：利用铟-99m-HMPAO 获得的人脑单光子发射断层术(SPET)照片。脑组织中放射性示踪剂的浓度正比于局部的血流量。下半部的12张断层切片表示左脑区血流量严重不足。在该照片的上半部，根据这一组断层切片重建的三维图像清楚地指出了梗塞区。底部照片是人脑正电子发射断层术(PET)的结果。该照片上半部是一个正常受试者的显像。下半部是帕金森病患者基底神经节神经受体的功能降低的显像。



进行研究时极短的照射时间相比要长一些,但核医学使患者实际受到的辐射剂量比临床放射学的低,因为后者的辐射强度总是很高的。

另一方面,放射性示踪剂的化学量是如此之少,以致它们不会引起药理学效应或改变生理参数。所有放射性示踪剂都不会产生中毒效应。这些特点允许在怀孕妇女和新生儿身上做核医学操作,而且无论是用于监测病情变化还是用于监测治疗效果都能定期地重复进行。

什么是核医学的体外检验?这是核医学中最简单和最省钱的一种检验方法。它们可以在实验室内利用非常简单的仪器设备完成,数以百计的样品只需几小时就能同时处理完毕。就像其它的临床化验室检验那样,它们是在试管中进行的,对象是生物样品(血液或其它组织),所以患者不会受到电离辐射的照射。最常见的是放射免疫分析(RIA)和免疫放射分析(IRMA),这些方法兼有免疫学工艺所特有的特异性与基于放射性的检验所特有的灵敏度。

这些操作使生化测量的灵敏度提高了100万倍,即从微克(10^{-6} g)量级提高到皮克(10^{-12} g)量级,使人们能够发现意想不到的激素生产情况。此类操作实际上被用于侦查和测量具有医学意义的微量致免疫物质,其中包括激素、酶、蛋白质、医用和麻醉药物,以及某些肿瘤特异地产生和分泌的物质,即所谓肿瘤标志物。

体外检验还包括使用放射性的DNA探针或遗传标志物。它们被用于鉴别存在于细胞遗传物质中的特异的DNA碎片。这些碎片能借助于聚合酶链式反应方法进一步放大或复制,这样便可以有足够的物质被用来检验那怕只含有单个细胞的极微量DNA的样品。众所周知,遗传指纹法在侦查疟疾、麻风病、科什曼病和血吸虫病之类的疾病,以及胆囊纤维化、血友病和地中海贫血之类的疾病方面具有特殊的价值。在双亲鉴定、法医学、犯罪学、人类学及古生物学方面,它也是有价值的。

治疗性核医学应用同放疗应用有无区

别?放疗是利用来自外源的射线束破坏恶性组织。治疗性核医学则设法让口服或静脉注射的发射 β 辐射的放射性核素进行特定的生理浓集,浓集后的放射性强度应大得足以特异地破坏靶组织。在这种情况下,分子探针成了准确度极高的分子“制导导弹”。如果放射性分子导弹的结合点是肿瘤,目标就是用大放射性剂量特异地和彻底地摧毁恶性组织,同时几乎不影响周围的正常细胞。如果目标是部分地消蚀过于活泼的非恶性组织以恢复特定器官内正常的生化和功能,那么可使用较低的放射性治疗剂量。下述两例就是这种情况:一是治疗甲亢时服用碘-131以破坏过于活泼的甲状腺组织,二是服用磷-32以破坏生产过量红细胞的过于活泼的骨髓。消灭甲状腺癌的转移所需的碘-131剂量要高10倍。

同样,亲骨放射性核素被用于缓解乳腺癌和前列腺癌骨转移患者的疼痛。放射免疫治疗是正在研究的一个新课题。其基础是利用特异的放射性单克隆抗体作为“魔术般的”导弹,来消灭诸如黑素瘤、淋巴瘤,以及结肠癌、卵巢癌和肝癌等特定类型的癌及其转移,但又不使周围的正常组织受到过分的照射。

核医学的费用与放射学和其它临床显像方法相比有无竞争力?虽然不能说核医学是便宜的,但总费用是有竞争力的。有些类型的医学显像操作比其它的花钱还多。例如,PET几乎是一种“科学幻想”——在工业化国家中是科学,在发展中国家中则成了幻想——因为现场必须有回旋加速器。

总的说来,核医学设备的费用与放射学设备的费用不相上下,但低于磁共振显像之类高级显像系统的费用。不过,核医学设备的运行费用高于放射学的。原因是必须不断供应放射性核素和放射性药剂,不管使用与否它们都会随着时间的推移而衰变掉。从人力资源方面看,一个放射学科需要一个由若干名放射学家、若干名技师和一名医学物理学专家组成的核心班子;而核医学所需的人力资源专业面更宽,而且是跨学科性质的,包括核医生、技师、放射

性药剂师、生物医学工程师以及医学物理与信息科学方面的专家。

核医学看起来是很费钱的,但如果运用得当,它确实能降低医疗保健费用。在情况不明的条件下作出的决定,必然会使医疗保健费用上升。提高疾病最初阶段的确诊率,能使患者得到更好的治疗和降低费用。准确地说,这就是核医学的最高价值:及早诊断可及时制定最佳治疗方案和消除并发症的可能性。这就可以降低药品费用、更加复杂昂贵的创伤性诊断方法的费用,以及医院病床费用。它还能缩短患者的康复期,减少他们的缺勤时间。

辐射在健康方面的其它应用

辐照还有没有别的与健康有关的应用?辐照是一种高效的灭菌方法。许多医疗用品,例如外科敷料、缝线、导管和注射器等,都经不起蒸汽或干燥热空气灭菌,因为它们是以塑料为主要成分的热敏材料。用环氧乙烷气体或别的化学物质灭菌,可引起有害健康的讨厌的残留物。业已证明,对于这类产品,钴-60 γ 射线灭菌非常有效,费用也较低。供植入人体使用的骨、神经、筋膜、硬脑膜、心脏瓣膜之类组织,以及治疗烧伤用的绒膜敷料等,也一直在成功地用 γ 射线灭菌。因此,它们已在许多发展中国家中越来越多地被用于临床实践。

IAEA 和粮农组织(FAO)的核技术用于粮农处,一直在成功地推广辐照的另一些与健康有关的应用。例如,食品辐照能够杀死富有生命力的微生物和特殊的无孢子病原微生物(诸如沙门氏菌),因而消除了食物方面的许多危及健康的因素。另一种重要的应用是,在根除威胁人类健康的害虫(例如新大陆螺旋蝇和采采蝇)运动中应用昆虫不育技术。

在营养和与健康有关的环境方面有哪些应用?在研究与人体营养有关的各个过程时,示踪原理已成为十分重要的东西。使用氢、碳、氮和氧的稳定同位素,对被研究的人来说是完全安全的,因为它们没有放射性。人们也一直在利用核分析技术研究

世界各国的正常膳食,以便提供不同元素的生物可用率和饮食摄入量方面的信息,从而为制定饮食方面的指导方针提供有用的新数据。(参看第 18 页开始的文章。)

核技术和示踪原理在研究环境污染方面同样是十分重要的。环境污染正在影响着数以百万计的人民的健康和幸福。人们能探测到极少量的放射性和非放射性同位素并能跟踪其行动路线这一事实,使它们成为跟踪空气、水或土壤中的污染物的理想工具。非放射性同位素能够用活化分析或 X 射线荧光之类的核方法准确地测定。其它的核方法(如电子束辐射)也能够成功地用于除去气体污染物,包括燃煤发电厂排放的二氧化硫或氮的氧化物之类令人讨厌的气体。

辐射剂量测定在人体健康方面的作用是什么?准确的剂量对一切辐射应用来说都是极其重要的。对于治疗应用来说,剂量准确与否可能涉及人的生与死。低于预定值的剂量也许不足以起到治疗作用,而且可以增加恶性组织的抗辐射性;如果剂量高于预定值,也许会产生严重的并发症。

在现代辐射肿瘤学中,人们强调,在投入剂量时,准确度(至少是可重复性)应在 5% 以内。为此,IAEA 和 WHO 已在发展中国家里建立了 70 家副标准剂量学实验室(SSDL)。由于准确的剂量测定是放疗的前提,因此放疗中心的剂量计必须定期经 SSDL 校准,并通过由 IAEA 剂量测定实验室组织的比对每年核对一次。此外,IAEA 在 WHO 合作下给各放疗中心提供世界范围的剂量测定服务。700 多家放疗中心的结果表明,由于缺少合适的设备、工作人员和培训,10% 以上癌患者接受的剂量与处方剂量相差 20% 以上。在参加最近一次评估的所有医院中,有 70% 医院的辐射剂量测定值的平均偏差已从 20% 降到 5%。其余的中心目前正在改进它们的测量工作。(参看第 33 页开始的文章。)

在某些工业应用中,例如医疗产品灭菌和食品辐照,使用的辐射剂量高得多。为了保证达到处方剂量,正在通过 SSDL 推广

新开发的技术。此外,这两种服务已有一项内容广泛的计划,包括对辐射防护和高剂量测量用的所有仪表进行校准。

传授技术:支助发展中国家的各种应用

发展中国家是否已具备利用用于人体健康的核应用的条件?这完全取决于它们的具体的历史发展水平。核医学是核能的医学应用中最复杂的一种。人们不应忘记一些发展中国家在推动核医学进步方面所起的重要作用。巴西圣保罗大学于1948年成立了世界上第一家国家核医学研究所;50年代,在安第斯国家(阿根廷、玻利维亚、智利、厄瓜多尔、秘鲁)和墨西哥中,通过对地方性甲状腺肿进行的开拓性研究,全面地验证了放射性示踪剂作为医学研究的一种实用工具的原理。60年代初在拉美国家中成立的全国性核医学学会,是继美国核医学学会之后成立的第一批全国性学会;1965年在拉美成立了该专业的第一个地区性学会联合会;并且成了1970年在墨西哥城成立世界联合会的催化剂。核医学

秘鲁的一些保健专业人员接受过 IAEA 支助的推广核医学应用的援助。



中使用的许多操作程序,就是60年代和70年代初在这些国家里首先开发出的。

但是,这种良好的开端,被70年代后期同时出现的国际金融危机和80年代工业化国家中取得的前所未有的技术进步所粉碎。这些发展使发展中国家中的核医学向前推进的所有大门关闭。这些国家现在迫切需要赶上核医学的前进步伐,缩小技术差距。商业性公司只生产十分昂贵和十分复杂的现代化设备,但不适合许多发展中国家的条件。这些国家必须十分小心地使新技术适应它们自身的需要和条件,避免盲目采用既昂贵又不适合的技术。

用于人体健康的核技术与该国国内有无尖端的核基础设施无关。最重要的是要有比较好的医学基础设施。核医学与诸如临床化验室、常规放射学和超声波之类的其它基本诊断方法是有关的,它只能作为对后者的支持。同样,如果得不到癌的及早诊断系统的支持或没有肿瘤学家和化学家的配合,放疗在治疗癌症方面也不可能是有效的。在这些情况下,放疗也许只能主要用于缓解疼痛和某些症状,但患者最终将死于癌。

不断调整,迎接挑战

过去十年间,IAEA在支助用于人体健康的核应用方面的各项计划一直在演变,以适应新的现实。这一动向在组织机构,以及在目标更加具体的一些项目身上都有所反映。1993年8月,生命科学处从IAEA的系统图上消失,代之以一个新的处——人体健康处。该处分成4个科,即核医学、应用辐射生物学与放疗、剂量学,以及营养和与健康有关的环境研究。

为什么要改名?因为它的许多子计划已不再与前生命科学处名下覆盖的动物和植物生物学有关,所以老的称号已名不副实,容易使人误解。动植物方面的子计划已完全落入IAEA/FAO联合处的工作范围。此外,新名称的附加好处是有助于潜在的对口部门(主要来自医学研究单位)认识本处的任务与它们自己的任务是相同的。

这种渐进式的变化能使 IAEA 更好地跟上核技术的进步及形成 IAEA 有关人体健康的核应用的中期策略。这些策略包括建立其触角可到达发展中国家多数核医学设备用户的机制。

该处将与 WHO 竞争吗？ 肯定不会。WHO 的工作重点是公共卫生和疾病预防。这就是说，IAEA 是明确地负有促进将核能用于人体健康（主要侧重于疾病的诊断和治疗）这一使命的唯一国际机构。IAEA 与 WHO 长期保持着十分良好的关系。IAEA 通常都要征求它的意见，并经常与 WHO、它的地区办事处（像泛美卫生组织——PAHO）及涉及人体健康或环境的其他国际机构协调它们的项目。

IAEA 的新策略

核技术的医学应用只有当治疗患者需要它们时可获得和能给临床医师提供可靠的结果时才有价值。因此，IAEA 将更加重视建立其触角可到达这一医学应用的多数用户的机制，目的是促进临床质量保证和增加核应用在发展中国家中可获得性。

只有降低费用才能提高可获得性。专门设计了一批技术合作和协调研究计划，用于建立由本国生产放射免疫分析试剂、镅—99m 发生器和放射性药物的能力。机构还支助一些核研究中心生产具有医用价值的放射性核素，以便在每个地区内均可低价买到这些放射性核素。

已通过技术合同开发出把各种 γ 照相机与个人计算机连接起来的接口硬件及处理核医学显像的软件。目前正在维也纳评价这种低价系统。它将被用于提高发展中国家近千台老式模拟 γ 照相机的档次，使其进入数字时代。对 γ 照相机的全球普查已开始，并已拟定了地区性的计划，以期证明预防性维修和故障维修与质量控制检查有联系。这项政策将减少设备的停机时间，延长其使用寿命。在引导制造厂家生产简易、低价、技术新颖的核医学和放疗设备方面，机构已作出卓有成效的努力。

但是，预计将在发展中国家中具有较

大影响的项目，是已经安排的能把触角伸到发展中国家中所有用于人体健康的核技术用户的那些项目。这些项目是通过 IAEA 与 WHO/PAHO、各国医疗主管部门、一国和地区性的医学学会和商业公司组成的协作网实施的。其目的是建立一国、地区和全球性的协调网，以提高核技术用于保护和增进人体健康的临床效果。

这方面的第一次尝试以成功地建立伊—美核医生理事会而圆满结束。该理事会在 IAEA 主持下于 1993 年 10 月 15 日在哥伦比亚的波哥大成立的。它的组成包括拉美核医学和生物学学会联合会 6 位卸任主席，拥有 10 名属于核医学不同方面的国际公认专家的考试委员会，以及代表每个国家参加该理事会的各国理事。这个网络将起外部质量控制系统的作用，以提高拉美、西班牙和葡萄牙的核医学研究生教育水准。它将组织考试以考核自愿应考者的知识，并给被认为在核医学临床实践方面合格的应考者颁发证书。这种证书每五年重新确认一次，确认时各门课程需一一加以评价以确保证书持有者跟上该专业的进步。这种证书会使持有者取得患者和研究机构的信任及享有合格医生的声誉。它的定期重新确认将促进核医生更广泛、更积极地参与科研和学术交流活动，这些活动在任何国家中都是推动各个专业不断前进的最佳手段。

与亚洲和大洋洲核医学联合会共同建立的另外两个类似的协作网也即将问世。一个协作网将用作采用交互、远距离方式培训核医学技师和给他们发证书。另一个协作网是 γ 照相机用户协会，以监督商业公司在该地区出售的核医学设备的保养与维修服务。

这些新策略是对过去几十年间 IAEA 一直在使用的传统办法的补充，并表明机构具有适应性强和生气勃勃这样一些可贵的特点。IAEA 为了能适应不断变化的客观条件，已经加强了它在提高发展中国家核技术医学应用的效率和质量方面的工作。 □