保健领域的核应用
持久地受益

STEFFEN GROTH

保健领域的核应用在解决营养不良、癌症、传染病与血液循环疾病等重要保健问题方面，有着成本效益非常显著的悠久记录。今天，它们正给世界各地的患者、医生、医学科研人员和保健医生提供持久的好处。

许多核应用已变得如此成熟，文献报道如此之多，以致它们比其它方法更获得人们的青睐。原因是它们常常能提供其它方法不能提供的信息，或属于处理某个问题时花费最少的方法之一。

某些核应用——原先作为核技术引入的——现已发展成根本不含"核"成份的应用(例如，许多常规的放射免疫分析(或称RIA)后来已发展成酶联免疫分析(或称ELISA方法))。这种发展常常出于高速自动化和/或简单化的考虑而发生的。但与此同时，往往要牺牲一些耐用性和精确度。

保健领域的核应用可以粗略地分为诊断、治疗和预防三种应用。本文从正在出现的一些新方向的角度描述一系列成功而非常成熟的应用。

医学诊断

诊断方面的应用分为体内和体外两种。体内应用的主要特点是让患者服用放射性药物，然后通常用γ照相机或别的某种探测器从外部进行检测。体外应用涉及分析从患者身上采取的样品，常常是血样。

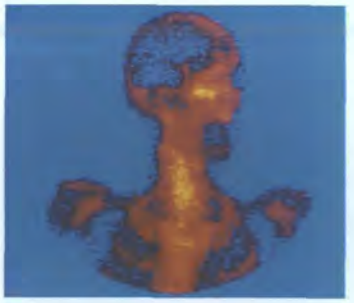
体内应用 体内应用是一种用得较多的核医学技术。此类操作的主要作用是评价器官的功能。让患者服用放射性核素或用放射性核素标记的化合物，以便能够通过示踪此种化合物在特定器官内的动态生物分布，评价特定的器官功能。此种化合物的示踪，是利用直线扫描仪或γ照相机之类的仪器，从外部探测此种放射性核素发出的光子实现的。

体内核医学操作很可能的主要特征是，体内诊断研究所需的放射性药物量非常少，而且总是处于生理剂量范围内。例如，就甲状腺闪烁显像而言，所用的放射性碘低于每日从食物中摄取的碘量的千分之一。因此对甲状腺功能的干扰不可能达到可测出的水平，而且没有副作用。

同样，患者因这种闪烁显像而受到的放射性剂量在多数情况下也是可忽略不计的。根据经验，每次显像受到的剂量大约接近一年的天然本底辐射剂量。

体内方法可用于研究众多的器官和系统。主要的应用领域是肿瘤学、内分泌学、心脏病学和肾-泌尿科学。核医学诊断用得最多的仪器和体内技术可以列出一个很长的清单(参见第38和39页的方框)。

Groth先生系IAEA人体保健处处长。给本文提供素材的有该处核医学科科长Ajit Padhy先生，辐射生物学与放射疗法科科长Victor Levin先生，营养、保健与环境研究科科长Venkatesh Iyenar先生，剂量学与医用辐射物理学科科长Pedro Andreo先生，以及该处的职员Baldip Khan女士和Soo Ling Ching先生。



■ **骨扫描**或许是最常用的一种技术。这是一种非常高效地查看骨骼功能的方法。对骨骼的任何明显伤害都会引起骨骼新陈代谢的增加，骨扫描则能探测出这种增加。这种方法是在许多种肿瘤中搜寻骨转移的最高效的途径。它也被用于矫形外科学，研究骨折、骨髓炎或关节置换。

■ **心肌灌注扫描**是另一种经常使用的核医学技术。这种测试能告之有无心肌梗塞。如果患者感到胸痛，这种测试有助于澄清是否与流向冠状动脉（心肌动脉）的血流量减少有关。

■ **肾闪烁显像**能提供肾功能的详细描述，从血的供应到尿的形成与排泄。这些信息对于研究高血压、糖尿病或肾结石患者的肾功能是非常有用的。

■ **甲状腺扫描**常用于甲状腺机能亢进的筛选，以及在结节性甲状腺肿患者身上搜寻可能存在的恶性甲状腺肿瘤。

■ **脑扫描**能提供与中风、癫痫和早老性痴呆患者有关的信息。

■ **肺灌注扫描**与肺通气扫描相结合，是研究肺栓塞的最高效技术。这是一种比较危险的源于血栓的状况，需要及早精心治疗。

炎性或传染性疾病方面的诊断操作，在核医学中起着越来越重要的作用。在多数情况下，炎症能通过临床检查和例行的实验室分析诊断出来。但是，常常发生要求用核医学技术证实和评价这一过程的存在、范围与严重程度。

新的趋向 特别是过去十年中开发出的核技术，对未来的应用有着巨大的潜力。包括正电子发射计算机化断层显像（PET）的使用量激增和受体配体放射性药物的开发。

与利用惯用的γ照相机所能做到的相比，PET 允许更准确地显示研究中的器官。它还能提供代谢功能方面的信息，这是其他技术所无法获得的。在目前，只有少数发展中国家有 PET，因为这种技术比较贵，生产所需的放射性药物也比较难。不过，有人预言，继现行的临床成功之后，该项技术定会继续得到更广泛的应用，特别是在肿瘤学、神经病学和心脏病学方面。

受体配体放射性药物能够可选择地与特定的细胞或组织相结合。它们具有其它药物所没有的特点，即当怀疑存在着特定类型的组织（例如受到感染的组织）时，它们允许从体内确定有无此类组织。

正在开发的还有一系列新的亲肿瘤放射性药物。通过一次注射相关的放射性药物，就可对全身进行扫描，以确定有无肿瘤细胞。对称作神经内分泌瘤的某几种肿瘤而言，这些技术早已极大地改变了对患者的诊断方法。

体外应用 此类应用包括：

■ **放射免疫分析（RIA）** 各种形式的免疫分析，已经广泛地用于核医学与临床病理学。它们能成功地用于诊断服务，主要是因为它有四个主要的属性，即灵敏、专一、精密和方便。头三个是抗体与其配体之间的相互作用这样的根本特性所固有的后果，配体是免疫系统的基础。

免疫分析是一种在$10^{-12}/10^{-15}$克浓度的量级对生物分子进行量化的分析技术。RIA 被用于药品、中间代谢物、类甾醇、肽激素、酶、癌

照片：核显像技术能提供可用于诊断许多种疾病的重要信息。（来源：IAEA）

标记物、病毒抗原、细胞受体和脱氧核糖核酸(DNA)分子的检测与定量，以便对新疾病或先前病状的复发进行实验室的早期临床诊断。在单克隆抗体工作方面，对于筛选产生这种抗体的杂交瘤细胞系而言，它是最灵敏的和费用效果最好的方法。当前，在开发新药的工作中，它是人们优先采用的常规方法之一。

由于它是一种同位素分析方法，该种探测器的放射性信号不会受到平常见到的那些干扰的影响；例如，水中杂质、酶毒物和其它未预见到的副反应。这种方法因此被免疫分析技术的开业医生认为是金标准。使用自动的采样机可以使它模块式地自动化，只需最少的人力资源就可大规模地筛选可治疗的疾病。

新的趋向 RIA方面正在出现的趋向是变得更加精致。这包括：单克隆抗体分泌物、合成的新颖结合剂和新颖固定技术的优化，瘤疾病、变质疾病、代谢疾病与内分泌疾病的新标记物的探测，筛选技术，临床RIA数据的全球验证与认识见习，以及以证据为基础的RIA。

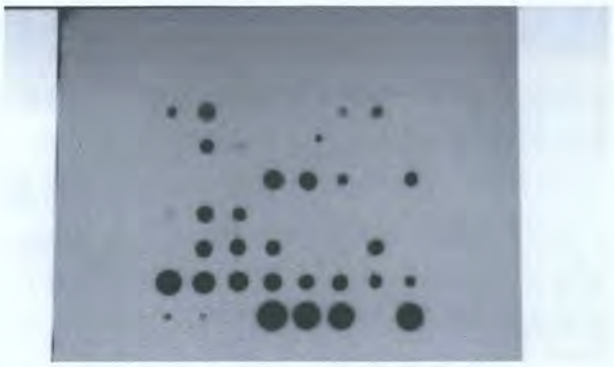
■使用放射性核素方法的分子生物学技术 在过去几年中，分子诊断技术的发展与应用已经在疾病的诊断与监测方面掀起了一场革命。聚合酶链锁反应(PCR)是分子技术在人体保健方面的临床应用的最好和最常用的例子之一。这项技术的核心，依赖于DNA碎片预定顺序的反复酶放大。最终产品能够在借助放射性同位素标记的DNA探针进行的电泳分离之后，利用溴化乙锭染色法显示出来(参见照片)，或被直接顺序分析探测出。磷-32和硫-35是常用的放射性同位素。

PCR在基础研究和临床方面已有了许多应用。在机构的计划中，PCR技术正在被用于传染病的诊断，如恰加斯病、利什曼病、乙型肝炎和结核病。逆转录酶PCR正在被用于检测丙型肝炎病毒。PCR还正在被用于检测对于子宫颈癌和乙型与丙型肝炎的预后来说可能是重要的亚种变异。

患肝炎时，治疗的效果可以通过定量的PCR有效地加以监测。突变特有的PCR和PCR与称作点-污点杂交的组合，正在被分别用于直接测量患疟疾和结核病时引起抗药性的那些突变。诊断遗传缺陷——例如，患地中海贫血和肌营养障碍时，后者使用复合PCR——的工作也正在进行。这一工作已使一些国家能够建立遗传咨询计划。

除PCR以外，其它的分子技术包括单束证实多形变态(SSCP)和蛋白截断试验。它们正被用于使肌营养障碍的诊断更精确。PCR正被用于探测白血病患者身上的恶性细胞，这些细胞是用一致易位破裂点表征的。把弥补这种破裂点的引物加入骨髓样品中，并经过多次PCR循环。即使一百万个细胞中有一个易位，也能被探测到。

新的趋向 不久的将



照片：使用磷-32和点-污点混合技术获得的乙肝样品的放射自显像。

来，随着人类基因组计划的完成，十万多个基因将得到表征。细菌的、原生动物的、蠕虫的、病毒的和真菌的基因组，已经或很快就能得到阐明。这么多序列的最重要应用预计会在诊断中。

其它越来越重要的应用将是探测癌的预后标记、抗药性指标、恶性与变性疾病的预兆标记，建立药物设计分子模拟的模型，基因疗法，探测残余的最小疾病，取得分子流行病学的信息和控制措施，以及探测新出现的疾病。

在上述的这些应用中，最可能用到以下工艺技术：定量、复合与就地的PCR；复合DNA测序和诊断学，利用质谱测定方法与富集的稳定同位素标记相混合；比传统的DNA探针更快地提供结果的肽核酸探针；DNA双芯片工艺，这种工艺能够把不同的探针连结到一个惰性支架上并与来自临床样品的测试DNA相混合；更快捷地探测β与γ辐射的黄磷显像剂；蛋白截断试验；以及功能基因组。

■ **测量稳定同位素** 利用核及相关技术测量稳定同位素，已经在各种各样的保健问题中通过分析示踪元素获得广泛的战略应用（见第37页方框）。这些技术现已被普遍认为是测量许多种重要维生素和营养素摄取量和生物利用率的最佳方法。

用于这些目的的常用技术包括：中子活化分析（放射化学分析和仪器分析）、感生耦合等离子体质谱测定方法、粒子激发X射线发射、双能量X射线吸收测定方法、粒子激发γ射线发射、能量分散X射线荧光分析，以及全反射X射线荧光。

新的趋向 在发展中国家中，同位素技术在许多场合中刚刚开始被应用。它们的使用具有很大的潜力，通过改善营养与营养监测技术，能使数以百万计的人受益。它们也能用来产生更广泛的社会经济成效的具体指标。要求进行战略监测的重要领域包括对老年人、青少年和妇女的保健。

老年人的保健将是人们日益关注的问题，因为到2025年全世界的老年人将达到12亿（其中60%在发展中国家）。因此，借助营养监测和其他健康监测的预防性措施，一定会引起人们的重视。同样，高达3亿的成年人在今后20年内很可能会得糖尿病，因此，预防和治疗超重（肥胖）具有十分重要的意义。

对于妇女和儿童来说，丧失合理的营养的后果非常严重。与发达国家相比，发展中国家新生儿体重较轻的趋势比较明显。在大多数发展中国家中，胎儿生长缓慢的这种趋势也被认为是一个需要极大关注的公共卫生问题。

医疗

核技术和辐射技术在治疗方面的应用正在不断取得进步。辐射不能有选择地杀死癌细胞；由于剂量很大，足以杀死所有的分裂细胞。计算机断层（CT）扫描和磁共振显像（MRI）方面的发展，使癌边界的确定得到了改进。这又进一步激励人们去开发治疗规划系统和能让肿瘤受到较高剂量但不增加对周围健康器官的剂量的设备。

最常用的技术包括：从一定距离发射辐射进行治疗——称作远距离治疗，以及把放射源插入腔内邻近肿瘤处甚至侵入性地直接插入肿瘤中——称作近距离治疗。其它应用包括利用开放式放射源辐射治疗癌和一些甲状腺疾病（见第40页表）。

■ **远距离治疗** 远距离治疗所发生的演变包括从用X射线管治疗到利用钴装置（辐射源于放射性钴源（γ射线））治疗，然后又回到使用X射线（现在是利用直线加速器生产的）。这种机器能生产穿透力更强和很窄的束边缘，它们能到达较深处的肿瘤，且准确度更高。

早期的治疗设备对于较

稳定同位素的战略性保健应用

■ **研究营养不良**：全世界大约有2亿5岁以下的儿童(亚洲1.5亿以上，非洲约2700万)营养不良。就这方面而言，估计维生素A是一项重要要求。人体约90%的维生素A储存在肝脏，直接测量肝脏中的维生素A，需要侵害性的操作(例如，肝的活组织检查)。IAEA已经开发出了侵害性很小的同位素示踪技术，可以在补充(加纳、秘鲁)、食物强化(秘鲁、以色列)和改进饮食(中国、泰国、菲律宾和印度)等情况下测量全身的维生素A，以处理儿童和怀孕或哺乳期妇女的维生素A营养问题。同样，估计从饮食中吸收的铁量以评价其生物利用率，是营养研究中的一项重要营养测量任务。稳定同位素提供了唯一的直接测量铁摄取量和生物利用率的手段，被认为是研究人体中的铁的一种"金标准"。同位素方法对于测量从食物中吸收的锌量和测量婴儿摄取的母乳量也是十分有用的。

■ **骨质疏松**：老年人(尤其是绝经后的妇女)容易得这种疾病。IAEA已经帮助几个发展中国家将双能量X射线吸收测定方法(DEXA)用于测量骨密度，以便研究骨矿物质密度是如何随着研究对象的年龄、性别、种族和祖籍变化而变化的。

■ **肥胖**：这种病症是与心血管疾病、高血压和成人发病型糖尿病等疾病相联系的；基于稳定同位素的技术正在成为研究肥胖症的有效工具。能在日常生活条件下测量能量消耗的这种同位素方法，是其它的任何办法所不能替代的。双标记水法($^2H_2{}^{18}O$)是能够在他们自己的生活环境下准确地测定人的能量需要量的唯一一种技术，并且是测定食物能量摄取量的最可靠方法之一。这种方法正在被人们越来越广泛地接受，因为它便宜，准确，并能在现场条件下应用。

■ **幽门螺旋杆菌(Hp)**：发展中国家的青少年易传染上使他们易得腹泻病的这种病。据1993年统计数字，持久的腹泻在巴西占婴儿因腹泻死亡人数的60%以上，在印度占47%，在塞内加尔占36%，在孟加拉国则占26%。稳定同位素技术一直被认为是诊断Hp的最好与费用效果最高的一种方式，只需使用碳-13富集的底物做一次呼吸试验，然后测量加了标记的二氧化碳。

照片：许多国家中的保健医生正在接受有效地使用同位素技术的培训。

小的体表肿瘤非常有效；它如此有效以致皮肤肿瘤用放射治疗或手术治疗预计能完全治好，只有皮肤的黑色素瘤被列入癌症的行列。目前已把重点更多地放在美容效果和功能保留上。早期的喉癌是用放射疗法治疗的，以保留发声能力。早期的乳腺癌则是靠摘除肿块并辐射治疗的，而不是切除乳房。

随着显像和治疗方法的改进，对于较深处的肿瘤来说，依靠放射疗法扩大了的尽可能减少手术的这种趋势已经增加。从前列腺到头部与颈部的这些部位，正在用数量较少的手术加上放射疗法来治疗。对于眼睛、脑或脊髓之类容易受损的器官，能够准确地区分是不是肿瘤。

新的趋向 现在，高级的规划系统要对每一种治疗束进行设计，以便尽量减小这些结构受到的剂量并使肿瘤受到的剂量陡增。这种规划系统主要是控制剂量的输出(强度)和投放射线的治疗孔径，即所谓的"保形治疗"。

保健领域中的核应用

■静态γ照相机显像

原理：γ照相机将从患者服用的放射性药物中发射出的光子转换，产生一幅有关这种元素分布状况的图像。应用：器官功能的静态和动态显像。比较优势：高质量的图像。

■单光子发射计算机化断层显像(SPECT)

原理：利用转动的γ照相机头从许多个不同的角度测量患者服用的放射性药物分布状况。应用：主要用于心脏灌注显像和脑显像。对肝和脊柱进行检查也常常是一种临床应用。比较优势：γ照相机显像得到改善。由于被显像器官的三维显示，能够使放射性药物的分布得到极准确的三维定位。

■正电子发射计算机化断层显像(PET)

原理：当正电子与负电子复合时，产生两个能量为511 keV朝相反方向运动的湮没光子。依靠记录这些光子同时到达放在患者周围的探测系统的情况，能够对产生这种发射的位置进行3维定位，从而得到质量极高的图像。碳-11、氮-13、氧-15和氟-18等组成器官的基本元素，都是正电子发射体。这些元素可被用于给存在于人体内的普通分子加上标记，因而能使这些元素对目标器官来说是特异的。应用：通过将发射正电子的同位素与可根据特定的生物化学路途选择的示踪剂相结合，就有可能估计各种生物过程的绝对速率，如葡萄糖的利用、蛋白质的合成、氧的消耗和血液的流动等过程的绝对速率。比较优势：PET能建立血液流动或各种代谢过程的"功能"图像，这是其他技术所没有的。这样的图像胜过用X射线检查、磁共振显像、甚至SPECT所产生的常规结构的或解剖学性质的图像。

■直线移动型扫描

原理：移动探测器，以便绘出患者体内的放射性药物的位置。扫描仪在一个或多个平面处与被检查器官相垂直地移动，直至被检查的器官或区域已经完全被闪烁计数器巡测过。应用：甲状腺显像。比较优势：较厚的晶体和高能准直提供了较高的效率与分辨率，对于碘-131之类的放射性药物来说尤其如此。

■通用的γ探针

原理：使用与被检查器官排成一线的经准直的闪烁探针探测器探测放射性药物的活度。应用：甲状腺的碘摄取量。仅采用一个晶体探测仪的单探针计数系统是很有用的。比较优势：作为甲状腺功能的一个指标的甲状腺摄取量，即使现在有了更高级的操作方法，仍然是一种例行的诊断工具。

定向性的放射外科(单碎片)和定向性的放射治疗(多碎片)是这种保形治疗的发展态势。但它们把重点放在肿瘤定位上。

虽然这些技术最初是为质子加速器束或γ刀(一种非常精致的远距离治疗设备，带有200多个钴源)开发的，但它现在已获得更加普遍的应用，只要在常规的直线加速器上加一些部件就行。这种用法已经很快扩大到用于较小的、常常是良性的脑内损伤上，在此部位动手术是比较危险的。典型的脑部动静脉畸形、听神经鞘瘤和脑膜瘤，用这种技术能得到很好的治疗，控制率超过80%。

■放射治疗服务 在过去的十年中，放射治疗服务已经迅速得到发展。在最发达国家中，对基本的辐射肿瘤学服务只要想要几乎随手可得。它们有一些必要时能使用最高水平技术的医疗中心。虽然只有少量的患者需要高级的工艺技术，但这些技术的使用，能在控制或减少相应的那部分患者的死亡率方面获得较大的改进。

在过去十年中，发展中

■ **外科γ探针**

原理：使用手持的外科用探测器，探测和检查手术前服用的放射性药物的绝对累积量。**应用**：使外科医生可以找出肿瘤（通常为黑色素瘤或乳房肿瘤）下游的第一个淋巴结。**比较优势**：改善外科治疗的有效性，因为它总是取决于所有肿瘤组织是否已被全部摘除。黑色素瘤或乳房肿瘤的转移必然会传到淋巴系统，并将某些细胞留在第一个或称“哨兵”的淋巴结中。通过测定该淋巴结的位置，能确定癌细胞是否已扩散或并没有癌细胞，然后可以据此对患者采取相应的治疗措施。

■ **放射性核素廓清研究**

原理：从根本上说，通常通过静脉给患者施用的特定放射性物质，可以通过计算该物质在血浆和/或尿中的浓度来测定它们从血浆中廓清的速率。**应用**：研究工作提供了进行肾功能和解剖学的联合检查的可能性。**比较优势**：“放射性核素的廓清研究”可以非常精确地反映出肾脏的功能状况。在供严重肾病患者使用的各种应用中，往往将常规的化学分析用于诊断，而对于只是中等程度地丧失肾功能的患者来说，这种分析往往是不充分的。

■ **放射性核素的稀释技术**

原理：许多技术涉及给患者服用某种放射性核素，这些核素散布到正在研究的区室内，可以利用这些技术跟踪它们的分布。**应用**：非常准确地测量体内总水份，红细胞量、成活率和净增值，总的可交换钾。一般喜欢用氚化水测定体内水份。铬-51 铬酸钠被用于给红细胞加标记。**比较优势**：测量简单准确。所用放射性核素无毒。

■ **治疗方面的应用**

原理：癌症的放射疗法涉及把放射性瞄准肿瘤细胞而不是正常组织细胞。可以用发射β或α的放射性核素给某些化合物加标记，这些化合物会在它们聚集之处向局部组织发出能使细胞受损的辐射。在特定的肿瘤或特定的器官处，可发生有选择地摄入这些放射性核素或标记化合物的现象。**应用**：能找出肿瘤的许多种放射性药物，正在借助不同的路径和多种目标机制被用于治疗目的。用碘-131 治疗甲状腺癌或甲状腺机能亢进这一方法已经使用了 50 多年。某些放射性药物能选择性地累积在骨组织的转移处，从而能有效地抑制疼痛。**比较优势**：特异地瞄准组织的治疗是没有侵害性的，其早期和晚期的副作用相对较少。示踪剂研究更使在治疗开始前评估放射性在肿瘤处的摄取和滞留情况成为可能。

国家可供使用的设备数量增加了两倍。在 IAEA 的 130 个成员国中，只有 10 个最不发达国家现在仍缺少基本的放射治疗工艺。在过去的 5 年中，IAEA 在其中的 5 个成员国中开始推广放射疗法。第六个国家中的有关工作也即将开始。今后十年的任务是把标准提高到能将最现代化的技术安全地纳入他们的医疗实践的水平。

新的趋向　呈现在辐射肿瘤学家面前的一项新任务，是临床中见到的与爱滋病有关的各种癌的数量日益增加。放射疗法的作用仍然是控制这些癌症，但治疗目标已发生了根本性变化。第一位的目标已不再是癌症的治愈，而在发达国家中，目前大约有 45%的癌症患者是可痊愈的。生命的质量问题，对于患者和负责治疗的肿瘤学家来说都是重要的。当面对的是从致死可能性较大的疾病中夺回的很有限的预期寿命时，这个问题就变得更加有意义。

■ **近距离治疗**　这种应用的进步比较快。最初由居里夫人发明的镭源大多已被铯源所替代，后者操作时更

全世界的放射治疗中心与装置

地区	人口（百万）	放射治疗中心	钴-60装置	临床用加速器	远距离治疗机（总数）	远距离治疗机（比率*）
北美	300.9	1903	207	2251	2458	8.2
中美	134.1	139	115	30	145	1.1
热带南美	276.2	266	219	122	341	1.2
温带南美	54.3	139	128	46	174	3.2
加勒比地区	29.4	18	23	1	24	0.8
西欧	387	1027	410	1109	1519	3.9
东欧	390.6	334	508	182	690	0.7
北非	138.2	59	54	41	95	0.7
中非	358.6	22	25	2	27	0.1
南非	56.5	21	19	27	46	0.8
中东	221.3	91	64	56	120	0.5
印度次大陆	1245.1	221	286	46	332	0.3
东南亚	477.2	81	71	59	130	0.3
东亚	1430.9	1107	606	948	1554	1.1
澳大利亚与太平洋岛屿	22.6	49	5	113	118	5.2

* 该地区每百万人的平均远距离治疗机数。来源：《放射治疗中心名录》，1999年11月。

安全，废源也更容易处置。尽管几毫米大的物体乍看起来很小，但要将这样大的源放入体腔或组织内就相当困难。直径小于1毫米但活度高达10居里数量级的新的微型高剂量率源已经开始产生效益。它们使插入操作更容易，使治疗时间一般缩短到10至20分钟而不是2至5天，并开辟了新的可能性。这些源能被导入肺中的细支气管、胆管，甚至细小的心血管（冠状动脉）。另一方面，老式的近距离治疗设备几乎专用于治疗子宫颈癌。

在许多发展中国家，子宫颈癌仍然是最常见的癌。得这种恶性病的所有患者中，约有80%将近距离治疗作为他们的治疗的一部分。治愈率从80%（肿瘤仅限于子宫颈部）到35%（三期肿瘤）。这些肿瘤的尺寸也许超过10厘米，但利用远距离与近距离治疗相结合、以近距离治疗为主的方法，治愈概率仍然很大。

由于远距离治疗通常是患者作为门诊病人每天治疗一次，因而微型高剂量率治疗法的出现现已免去了入院治疗的麻烦。

新的趋向 已变窄的心血管做过搭桥手术或扩张术之后防止冠状动脉再次狭窄的内血管治疗，现在已将近距离治疗带入利用辐射治疗"良性"疾病的领域。结果表明，经过不同手术干预后的再次狭窄率，也许已明显地降低了4倍。

让潜力成为现实

核工艺技术在医学应用方面的进步，对于改善许多国家中的保健状况具有很大的潜力。世界上用得最广泛的体内诊断应用，仍然是用γ照相机检查器官功能。

不过，这一领域正在出现一些有希望的应用，包括PET和新的放射性药物种类。利用核及相关技术的放射免疫分析、分子生物学和稳定同位素测量等方面的体外应用，是高度成功的一些工艺技术实例，这些工艺虽远未成熟但潜力巨大。

就治疗应用而言，由远距离治疗和近距离治疗提供的辐射治疗，仍然是向大多数癌症患者提出的可供选择的治疗方法。但是，保形疗法方面的新发展，以及用于利用开放性放射源进行治疗的、惊人地有效的亲癌放射性药物的新发展，似乎是有希望的。另一项令人激动的发展——利用辐射对动脉硬化进行血管内腔治疗——也许能给治疗工业化国家中被称为头号杀手的疾病开辟一条新路。 □