

公众核科学技术知识问答丛书之 4

主 编：李宗明 张家利 曹亚丽

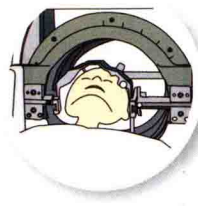
策 划：郭秋菊 审 核：刘 璐



放射诊疗 你我他

编 者：郭秋菊 王尔奇 田 雪

插 图：王 一 凡



科学出版社

主 编：李宗明 张家利 曹亚丽
策 划：郭秋菊 审 核：刘 璐

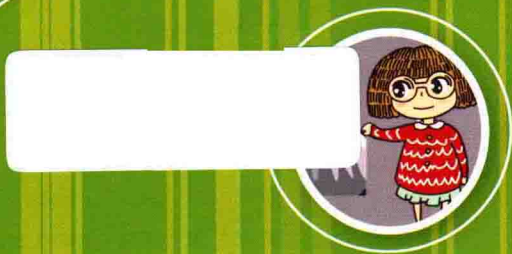
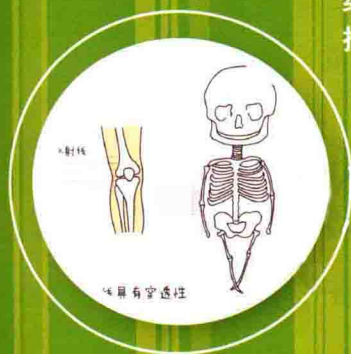


公众核科学技术知识问答丛书之

4

放射诊疗你我他

编 者：郭秋菊 王尔奇 田 雪
插 图：王一凡



科学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

放射诊疗你我他 / 李宗明, 张家利, 曹亚丽主编.

—北京: 科学出版社, 2013.

(公众核科学技术知识问答丛书)

ISBN 978-7-03-039821-5

I. ①放… II. ①李… ②张… ③曹… III. ①放射诊疗—普及读物 IV. ①R81-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 030908 号

责任编辑: 耿建业 李 雪 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 12 月第 一 版 开本: 890×1 240 1/32

2013 年 12 月第一次印刷 印张: 2 1/8

字数: 60 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《公众核科学技术知识问答丛书》

主编：李宗明 张家利 曹亚丽

策划：郭秋菊

审核：刘璐

编写人员：

第一册：王钟堂 尹鹏 王桂敏，插图：王一凡

第二册：郑平辉 王晓峰 同舟，插图：史德兰

第三册：郭璐 曹亚丽 戴文博，插图：黄雷蕾

第四册：郭秋菊 王尔奇 田雪，插图：王一凡

第五册：郭璐 李炜炜 莫冰冰，插图：郭建东

第六册：郭秋菊 郑平辉 张瀛，插图：孟祥霞

组织单位：环境保护部核与辐射安全中心

合作单位：北京大学物理学院

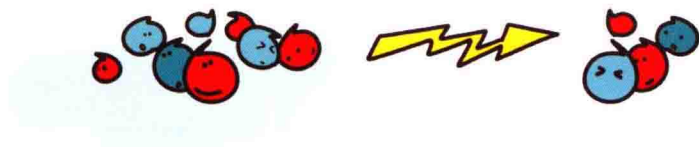
前言

核科学技术从诞生之日起就与人类社会的生存和发展密切相关。进入 21 世纪以来，特别是伴随着我国国民经济的不断发展壮大，核科学技术在能源、医疗、科技以及工农业等各个领域正发挥着越来越重要的作用。为了更好地开展针对核科学技术的公众科普宣传，环境保护部国家核安全局组织策划了《公众核科学技术知识问答》“你我他”系列丛书的编写工作。丛书由六册构成，包括《射线相伴你我他》、《射线影响你我他》、《核电造福你我他》、《放射诊疗你我他》、《核技术服务你我他》和《安全监管保护你我他》。

本册是“你我他”系列的第四册，在介绍核技术是如何为医学诊断和治疗服务的同时，还就医学应用过程中的防护与安全问题做了提示和讲解。

核技术在医学上的应用与公众密切相关，它是核技术服务于现代社会，为人们的健康生活作出贡献的最广为人知的应用。今天计算机及成像技术的进步使得 X 射线诊断、介入放射学、肿瘤放射治疗和临床核医学在国内不断普及，核技术的医学应用已经成为公众所受最大的人工电离辐射来源，而且这一辐射照射还在不断增加。

由于本丛书编者学识所限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。



核医学诊断用的核素半衰期短

前言

1. 放射诊疗包括哪些内容? /2
2. 核医学科是什么科? /4
3. 核医学诊断的基本原理是什么? /6
4. 核医学诊断常用的放射性同位素有什么特点? /8
5. 医院用的放射性同位素是哪里来的? /10
6. 核医学科的辐射防护措施有哪些? /12
7. 放射治疗的基本原理是什么? /14



8. 为什么 X 射线可以用于诊断? /16
9. 孕妇可以接受牙科拍片检查吗? /18
10. 儿童接受放射治疗时要注意什么? /20
11. 孕妇做了胸部拍片检查, 胎儿会受到辐射损伤吗? /22
12. 放射治疗会引起哪些并发症? /24
13. 什么是伽玛刀? 主要适应症是什么? /26
14. 放射诊疗室外安全吗? /28
15. 放射工作者的安全是如何保证的? /30
16. 去医院检查或治疗时服用了放射性药物的病人需要注意些什么? /32
17. 核医学检查的基本流程是什么样的? /34



18. 核医学检查与 X 射线影像检查有何不同? /36
19. 什么是 CT? 其原理是什么? /38
20. CT 与核磁共振、超声检查有什么区别? /40
21. 核医学的放射性废物是怎么处理的? /42
22. 碘-131 是怎样治疗甲状腺功能亢进症的? /44
23. 什么是 PET 检查? /46
24. 什么是肿瘤的介入治疗? /48



25. SPECT、PET 和 CT 的区别是什么? /50
26. 放免药盒是做什么用的? /52
27. 我国每年有多少人接受核医学检查? /54
28. 医院里的电离辐射场所有标志吗? /56
29. 接受放射性核素诊疗患者的家属也有可能受到照射吗? /58
30. 医疗照射有什么特点? /60



前言

1. 放射诊疗包括哪些内容? /2
2. 核医学科是什么科? /4
3. 核医学诊断的基本原理是什么? /6
4. 核医学诊断常用的放射性同位素有什么特点? /8
5. 医院用的放射性同位素是哪里来的? /10
6. 核医学科的辐射防护措施有哪些? /12
7. 放射治疗的基本原理是什么? /14

8. 为什么 X 射线可以用于诊断? /16
9. 孕妇可以接受牙科拍片检查吗? /18
10. 儿童接受放射治疗时要注意什么? /20
11. 孕妇做了胸部拍片检查, 胎儿会受到辐射损伤吗? /22
12. 放射治疗会引起哪些并发症? /24
13. 什么是伽玛刀? 主要适应症是什么? /26
14. 放射诊疗室外安全吗? /28
15. 放射工作者的安全是如何保证的? /30
16. 去医院检查或治疗时服用了放射性药物的病人需要注意些什么? /32
17. 核医学检查的基本流程是什么样的? /34

18. 核医学检查与 X 射线影像检查有何不同? /36

19. 什么是 CT? 其原理是什么? /38
20. CT 与核磁共振、超声检查有什么区别? /40
21. 核医学的放射性废物是怎么处理的? /42
22. 碘-131 是怎样治疗甲状腺功能亢进症的? /44

23. 什么是 PET 检查? /46

24. 什么是肿瘤的介入治疗? /48

25. SPECT、PET 和 CT 的区别是什么? /50
26. 放免药盒是做什么用的? /52
27. 我国每年有多少人接受核医学检查? /54
28. 医院里的电离辐射场所有标志吗? /56
29. 接受放射性核素诊疗患者的家属也有可能受到照射吗? /58
30. 医疗照射有些什么特点? /60





放射诊疗包括哪些内容？

电离辐射自宇宙诞生起就一直存在，但直到 1895 年德国科学家伦琴在实验室发现了 X 射线之后，人类才对这种有穿透能力的射线及电离辐射有了认识，并逐步将其应用于人类的生产和生活之中。放射诊疗是电离辐射在医疗领域中的应用，主要包括核医学、X 射线诊断、放射治疗和介入放射学四部分。

核医学是放射性同位素在医学领域的应用。它集合了核技术、电子技术、计算机技术、化学、物理和生物学等现代科学技术，是放射诊疗的重要组成部分。核医学诊疗方法不仅在疾病的诊断和治疗中能发挥重要作用，而且也是重要的医学研究手段。通常新药在试用于临床之前，都要用放射性同位素加以标记，以研究药物代谢的规律。

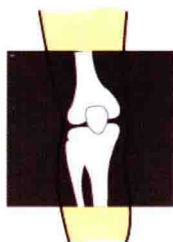
X 射线是 19 世纪末 20 世纪初物理学的三大发现之一，在伦琴发现 X 射线后仅仅几个月的时间内就被用于医学成像检查。X 射线诊断是重要的诊断方法，我们经常听说过的胸透、拍胸片、CT 检查等都属于 X 射线诊断的范畴。由于 X 射线对不同密度物质的穿透性有差异，我们通过 X 射线诊断能够发现身体内部的疾患。

电离辐射还对生物细胞有杀伤作用，人们利用这一特性来治疗疾病，这就是放射治疗的基本原理。虽然电离辐射对正常组织和肿瘤组织都有损伤，但是肿瘤细胞因其修复机制残缺，损伤程度较正常组织更严重，因此放疗是治疗恶性肿瘤的有效方法之一。世界卫生组织于 1998 年报告，目前大约有 45% 的恶性肿瘤可以治愈，其中贡献构成为手术 22%、放疗 18%、化疗 5%。自 2000 年以来，随着电子学、计算机技术、工程学等相关学科的

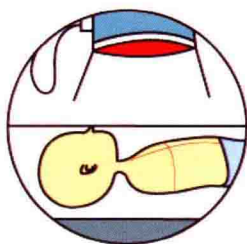
发展，放疗也有了显著的进步，三维适形放疗、适形调强放疗等新技术已广泛应用于临床，在进一步提高疗效的同时，减轻了副作用。

介入放射学是在医学影像设备的引导下，利用导管、导丝等器材对各种疾病进行诊断和治疗的学科。人体有很多固有的管道，如大血管、食管或气管-支气管等，如果这些管道或其临近的组织器官出了问题，按照传统的方法，我们需要求助于外科来开刀治疗，这样给患者带来的创伤很大。而介入治疗则是充分利用了人体的固有管道来进行治疗，简单地说就是利用专门的器械通过人体固有的管道，在人体内部进行操作，不用开刀，创伤小，恢复快。

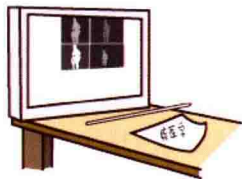
×射线诊断



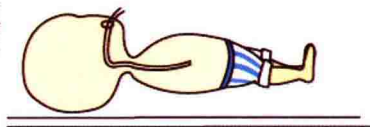
放射治疗



核医学



介入治疗





核医学科是什么科？

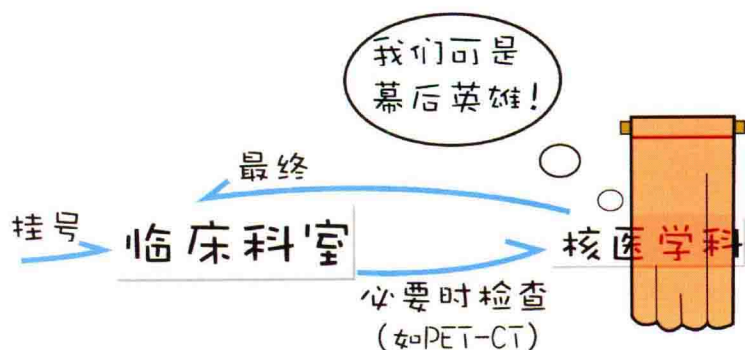
当我们身体不适走进医院，大多数人都知道感冒发烧要看内科，摔伤了要去看外科或骨科，得了脑出血有专门的神经科，检验科是做化验的，放射科是拍片的，但一说起核医学科，可能很多人没有听说过，甚至去一些规模较小的医院看病，逛遍了整个医院也没有找到核医学科。那么核医学科是什么科？得了什么病要去看核医学科呢？

核医学又称原子核医学，是指利用放射性同位素产生的电离辐射来进行诊断和治疗的科学。核医学科是荟萃了许多前沿科技的科室，也是一个需要高投入的科室，限于我国卫生事业的发展现状，只有一些规模较大的三甲医院才设置了核医学科。在诊断方面，CT、核磁共振等影像学诊断主要是了解组织、器官的结构，而核医学诊断则不同，它能够反应器官的功能、血流和代谢。核医学能了解心脏、肾脏、肝脏、胆囊、甲状腺等主要脏器的功能；能了解心肌、脑、肺等脏器的血流灌注；能了解和判定肿瘤的存在以及淋巴转移和骨转移等。核医学检查通常是无创或微创的，无痛苦，副作用小，检查的准确性较高。

核医学科在诊断中的作用如此重要，但我们平时去医院却几乎不会挂核医学科的号，这是因为核医学科与化验科一样，是协助临床医生进行诊断的科室。核医学科一般不是我们看病时的首诊科室，也就是说我们第一次去看病一般都不会挂核医学科，同时核医学科也不是做出最终诊断的科室。虽然很多核医学科的检查对于诊断的敏感性和特异性都很高，但最终的诊断还是要由临床科室，比如说内科、外科、妇科、儿科、神经科等来做出。因

此核医学科其实是很多疾病得以正确诊断的幕后英雄，但由于疾病的复杂性，我们就诊时还是应该首先求助于内科、外科等临床科室，如果病情需要，临床医生会推荐我们去核医学科检查，以便协助诊断。

核医学科还能治疗某些疾病，常见的包括甲亢、甲状腺癌、骨转移癌等。





核医学诊断的基本 原理是什么？

核医学诊断的基本原理是以放射性同位素示踪为基础，其过程可以简单地描述为：选择合适的放射性同位素为示踪剂，并将其引入人体内，在体外利用射线探测装置，标记示踪剂在特定脏器一定时间内放射性强度的变化过程，获得特定脏器的放射性核素分布数据或图像来达到诊断的目的。此技术具有方法简便、安全、灵敏度高和特异性强等优点，可获得脏器形态和功能两方面的信息，并可动态观察和定量分析。

为了更好地理解核医学诊断的原理，这里介绍一下什么是放射性同位素。构成物质的基本单位是原子，其中，原子核是由质子和中子组成的。具有相同质子数的原子为同一种元素，而同一种元素的原子核中中子数可以是不同的，我们把具有相同质子数、不同中子数、在元素周期表中处在同一个位置的原子互称同位素。有些同位素的原子核是稳定的，称之为稳定性同位素，而有些同位素的原子核不稳定，能自发衰变而发射出射线，对这些不稳定的同位素我们称之为放射性同位素。例如：含 8 个质子、8 个中子的是 ^{16}O 原子，而含 8 个质子、10 个中子的是 ^{18}O 原子，它们互为同位素， ^{18}O 要比 ^{16}O 重一些，但它们的化学性质几乎完全一致， ^{16}O 是稳定性同位素，而 ^{18}O 则是放射性同位素。自然界中的氧原子绝大部分都是 ^{16}O ，而我们利用人工方法可以生产出 ^{18}O 。当我们用 ^{18}O 代替药物分子中所含的 ^{16}O ，就相当于给药物分子打上了标记。在核医学诊断中，为了便于测量，我们常用一些放射性同位素作为示踪剂。

有了示踪的放射性同位素，接下来的问题就是标记什么分子，这也是核医学诊断的关键所在。我们标记的分子取决于诊断的要求，例如我们要诊断患者是否患有肿瘤，首先我们要知道肿瘤的特性，对于绝大部分恶性肿瘤来说，其代谢是十分旺盛的，在代谢过程中要消耗大量葡萄糖来提供能量，因此，如果我们用放射性同位素标记葡萄糖，根据放射性同位素在组织、器官中的浓度不同，我们可以发现哪些组织和器官葡萄糖的代谢异乎寻常的升高，由此推断该部位可能存在恶性肿瘤。这就是大部分PET-CT诊断的原理，其准确率能达到80%~90%，甚至更高。

我们是如何测量摄入到体内的放射性同位素分布浓度的呢？这需要专门的核医学仪器。大多数核医学仪器配备的探头可以将探测到的放射性同位素发出的射线转化为电信号，通过这些电信号，我们就可以测得身体不同部位的放射性同位素浓度分布了。





核医学诊断常用的放射性同位素有什么特点？

放射性同位素的原子核不稳定，能够自发地衰变，同时释放出射线，可以被核仪器探测。在临床上，能用于核医学诊断的放射性同位素的种类很多，常用的有钨-99m、碳-11、氮-13、氧-15以及碘-131和碘-135等。

诊断中使用的放射性同位素半衰期要短。放射性同位素衰变的快慢，通常用“半衰期”来表示。半衰期是指一定数量放射性同位素的数目减少到其初始值一半时所需要的时间。如磷-32的半衰期是14.3天，也就是说，假使原来有100万个 ^{32}P 原子，经过14.3天后，只剩下50万个了。半衰期越长，说明衰变得越慢；半衰期越短，说明衰变得越快。核医学诊断用的放射性同位素，其半衰期一定要短，注射入患者体内之后能够迅速衰变为稳定核素，这样才能将对患者及周围环境造成的影响降到最低。如果我们选择半衰期长的放射性同位素，做完检查后较长一段时间内，放射性同位素在其体内继续产生辐射，就会对患者及其周围亲友造成一定的影响。

放射性同位素在衰变时，可发射 α 射线、 β 射线或 γ 射线等不同种类和能量的射线，其中， γ 射线的穿透能力较强，易于被探测器测量。而 α 射线、 β 射线的穿透能力较弱，很难被探测器检测。核医学诊断常用的放射性同位素多为直接或间接产生 γ 射线，以便于被探测和成像分析。

另外，诊断用放射性同位素还要有特定的组织亲和性。当然，选用的放射性核素无论在辐射毒性还是化学毒性上都应该是无毒或低毒的。



核医学诊断用的核素半衰期短





医院用的放射性同位素 是哪里来的？

放射性同位素是核医学诊断和治疗的基础。自然界中存在着天然放射性核素，不仅种类少，同时也不适合在医学领域应用。医用放射性同位素绝大部分都是人工制造的。临床应用的放射性同位素可通过加速器生产、反应堆生产；也可从乏燃料中提取、放射性同位素发生器中淋洗获得。

加速器能加速质子、氘核、 α 粒子等带电粒子，这些粒子轰击各种靶核，引起不同核反应，生成多种放射性同位素。大多数的正电子放射性同位素和小部分的单光子放射性同位素主要由回旋加速器生产获得。碳-11、氮-13 和氧-15 的半衰期仅为 2~20 分钟，需要医院配备小型医用自屏蔽的回旋加速器生产。医学中常用的加速器生产的放射性同位素有碳-11、氮-13 和氧-15、氟-18、碘-131、钪-201、镓-67、铟-111 等。

反应堆可产生较强的中子源，利用反应堆中的中子流轰击各种靶核，可以大量生产用于核医学诊断和治疗的放射性同位素。医学中常用的反应堆生产的放射性核素有钼-99m、锡-113、碘-125、碘-131、磷-32 等。

核燃料在反应堆内经过中子照射后会发生核裂变，放出能量的同时产生 400 多种裂变产物，在乏燃料中，有实际提取价值的仅 10 余种。在医学上有意义的裂变核素有钼-99、碘-131、氙-131 等。

放射性同位素发生器是从长半衰期的核素（称为母体）中分离短半衰期的核素（称为子体）的装置。放射性同位素发生器使用方便，在医学上应用广泛。医学中常用的发生器有 ^{99}Mo — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、 ^{188}W — ^{188}Re 发生器、 ^{82}Sr — ^{82}Rb 发生器、 ^{81}Rb — ^{81}Kr 发生器等。以核医学最常用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 为例，在核反应堆中，中子流轰击靶核 ^{98}Mo ，得到 ^{99}Mo ，再把 ^{99}Mo 装在发生器（层析柱）内运到使用部门。 ^{99}Mo 的半衰期为 67 小时，经 β 衰变后得到 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，放射性药房或核医学科工作人员用生理盐水淋洗发生器就可得到 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的半衰期为 6.02 小时，可直接静脉注射，也可注入含氯化亚锡的冻干品内，快速标记到化学物质上，产生 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 这样的骨显像剂放射性药物。

