

总主编 吴恩惠

# 中华影像医学

CHINESE MEDICAL IMAGING

## 影像核医学卷

主编 周同

人民卫生出版社

# CHINESE MEDICAL IMAGING

## 图书在版编目(CIP)数据

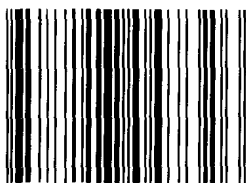
中华影像医学·影像核医学卷/周前主编. —北京:  
人民卫生出版社, 2002

ISBN 7-117-04732-1

I. 中… II. 周… III. ①影像—诊断学②影像  
科—原子医学 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 007515 号

ISBN 7-117-04732-1



9 787117 047326 >

## 中华影像医学 影像核医学卷

主 编: 周 前

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph@ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京人卫印刷厂印刷

经 销: 新华书店

开 本: 889 × 1194 1/16

印 张: 18.5

字 数: 545 千字

版 次: 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04732-1/R · 4733

定 价: 78.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)



# 编者

(以汉语拼音为序)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

陈盛祖	中国医学科学院肿瘤医院	教授
蒋长英	上海医科大学肿瘤医院	教授
蒋茂松	上海华东医院	教授
林祥通	上海医科大学华山医院	教授
刘秀杰	中国医学科学院阜外医院	教授
马寄晓	上海第六人民医院	教授
屈婉莹	北京医院	教授
史蓉芳	中国医学科学院阜外医院	教授
田嘉禾	解放军总医院	教授
夏振民	中国药品生物制品检定所	研究员
徐竞英	中国医学科学院北京协和医院	教授
郑妙璐	天津医科大学第二医院	教授
周 前	中国医学科学院北京协和医院	教授
朱承谟	上海第二医科大学瑞金医院	教授

# 前 言

MEDICAL IMAGING

CHINESE

我国影像医学经过几十年的发展,在各个方面均取得了令人瞩目的成就,但就全国范围而言,仍缺乏一本高水平、能立于世界之林的影像医学专著。因此,尽快出版一部总结我国影像医学成果、又反映当今国际影像医学发展最新动态的系列高级参考书,已成为我国影像医学界的重要任务。有鉴于此,人民卫生出版社对此表示了极大的支持,并委托我们组织全国力量编写这部《中华影像医学》。本书以系统为纲,同时采取系统与技术相结合的方式编写。全书共分13卷:总论卷、呼吸系统卷、中枢神经系统卷、心血管系统卷、消化系统卷、肝胆胰脾卷、头颈部卷、骨肌系统卷、泌尿生殖系统卷、乳腺卷、介入放射学卷、影像核医学卷及超声诊断学卷。各卷独立成册,陆续出版。

本书编写人员组成的指导思想是团结全国力量,老中青学者相结合共同编写。因此凡被邀请参加编写本书的人员,在影像医学某些领域内均是具有较高学术水平和一定知名度的专家学者。

本书主要反映当代影像学发展的新水平,对于已经或即将用于临床的各种成像技术、检查方法、新征象、新理论以及新治疗方法,将以我国自己资料为主加以较为详尽的介绍。对于一些已被淘汰或即将废用的技术、方法,只作为历史发展长河中的一个阶段,仅为简略叙述。

在叙述疾病的影像学表现时,注意共性与个性的关系,以便读者能正确把握疾病的影像学一般规律。本书在以常见病、多发病的基础上,对少见、罕见病也作简明扼要的叙述,希望本书不仅是一本影像医学的规范性读物,使之也具有影像学辞典之作用,以达实用性之目的。

本书为求文字简明、扼要、通顺、叙述层次结构合理,具有逻辑性、连贯性。名词术语力求规范化,做到前后统一,避免口语化,使本书具有可读性。

总之,我们力求使本书内容具有科学性、先进性、权威性和实用性的特点,使之成为一部高层次、高品位和高水平的影像医学大型参考书。

但是,由于作者分散,成书时间较紧,有些地区或单位的作者因故未能参与本书编写,以及我们编者水平有限等等原因,本书错误与纰漏在所难免,望读者批评指正。

我们希望本书将随时代与技术的发展,定期或不定期修订再版,使之跻身于世界名著之列。

吴恩惠

2002年1月



# 前 言

(影像核医学卷)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

核医学显像在核医学中占有重要的地位。它在我国的出现虽然只有40年的历史,但是发展迅速,从 $^{131}\text{I}$ 甲状腺扫描到 $^{18}\text{F}$ -FDG PET显像,无不紧跟国际发展的步伐。

《中华影像医学核医学分卷》是在世纪之交编写的,既为庆祝中华人民共和国50华诞,又迎接21世纪的来临,因此,本书将以我国自己资料为主,总结我国核医学显像各方面的成就,反映当前的最新动态,同时也介绍国际发展趋向。

本书除要求科学性和先进性外,也注重实用性。所有作者都是在核医学界学术水平较高、有一定知名度或在某一领域内有特长的学者,但为了便于联系、交换意见,邀请的作者主要集中在京、沪两地,未能包括各个地区,这是我们深表歉意和不足之处。

本书属影像医学,书中图片所占篇幅不少于全书的三分之一,这些图片反映了编写单位的病例和经验,必将有助于读者的阅读和理解。

我们的愿望是能为我国核医学界提供一部对诊断工作确有价值的高级参考书。由于编者水平有限,也恳切盼望广大读者多提出批评或建议。

周 前

1999年11月

# 中华影像医学

## 分卷书目

总论卷	主编	陈炽贤	高元桂
呼吸系统卷	主编	李铁一	
心血管系统卷	主编	戴汝平	
中枢神经系统卷	主编	吴恩惠	戴建平 张云亭
消化系统卷	主编	尚克中	
肝胆胰脾卷	主编	周康荣	
骨肌系统卷	主编	王云钊	
头颈部卷	主编	兰宝森	
乳腺卷	主编	鲍润贤	
介入放射学卷	主编	吴恩惠	贺能树
影像核医学卷	主编	周 前	
超声诊断学卷	主编	王新房	张青萍
泌尿生殖系统卷	主编	李松年	

# 目 录

(按篇顺序排列)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

<b>第1篇 绪论 (1)</b> .....	☐
<b>第1章 概述</b> .....	(3)
第1节 定义 .....	(3)
第2节 发展史 .....	(4)
<b>第2章 原理和方法</b> .....	(8)
第1节 核显像的原理 .....	(8)
第2节 方法 .....	(9)
第3节 特点 .....	(10)
第4节 与其他影像方法的比较 .....	(10)
<b>第3章 展望</b> .....	(13)
第1节 相关科学的发展 .....	(13)
第2节 放射性药物 .....	(13)
第3节 放射性仪器 .....	(13)
第4节 分子核医学 .....	(14)
<b>第2篇 显像仪器和放射性药物 (17)</b> .....	☐
<b>第4章 显像仪器</b> .....	(19)
第1节 $\gamma$ 照相机 .....	(19)
第2节 单光子发射计算机断层 .....	(23)
第3节 高能正电子发射断层成像 .....	(28)
<b>第5章 放射性药物</b> .....	(33)
第1节 基本概念 .....	(33)
第2节 放射性药物的制备 .....	(35)
第3节 放射性药物的质量控制与质量检验 .....	(37)
第4节 临床常用放射性药品简介 .....	(40)
<b>第3篇 脏器显像 (51)</b> .....	☐
<b>第6章 心血管系统</b> .....	(53)
第1节 解剖生理基础 .....	(53)
第2节 心肌灌注显像 .....	(54)
第3节 核素心室显像 .....	(62)
第4节 亲心肌梗死显像 .....	(68)
第5节 心脏神经受体显像 .....	(70)
第6节 核素显像测定心肌存活 .....	(71)
第7节 大血管核素显像 .....	(76)
第8节 核素显像在心血管病无创诊断中的综合评价 .....	(77)
<b>第7章 呼吸系统</b> .....	(82)
第1节 解剖生理基础 .....	(82)
第2节 肺灌注显像 .....	(84)
第3节 肺通气显像 .....	(87)
第4节 肺动脉血栓栓塞阳性显像 .....	(90)
第5节 临床应用 .....	(91)
<b>第8章 神经系统</b> .....	(104)
第1节 解剖生理基础 .....	(104)
第2节 脑介入试验 .....	(110)
第3节 脑血流灌注显像 .....	(112)
第4节 脑肿瘤显像 .....	(119)
第5节 脑池显像 .....	(122)
第6节 PET 脑显像 .....	(124)
第7节 比较影像学 .....	(131)
<b>第9章 消化系统</b> .....	(136)
第1节 食管、胃肠道显像 .....	(136)
第2节 肝显像 .....	(145)
第3节 胆系显像 .....	(151)
第4节 唾液腺显像 .....	(152)
<b>第10章 骨骼系统</b> .....	(155)
第1节 解剖生理基础 .....	(155)
第2节 骨显像 .....	(155)



第3节	骨转移瘤	(160)	第2节	脾显像	(227)
第4节	原发性骨肿瘤	(166)	第3节	淋巴系统显像	(228)
第5节	代谢性骨病	(172)	<b>第14章 肿瘤</b>		(240)
第6节	骨创伤及随访	(175)	第1节	肿瘤学基础	(240)
第7节	骨血管性疾病	(179)	第2节	肿瘤正电子发射断层 显像	(240)
第8节	骨关节疾病	(181)	第3节	各种肿瘤阳离子灌注 显像	(243)
<b>第11章 内分泌系统</b>		(184)	第4节	$^{67}\text{Ga}$ 肿瘤显像	(247)
第1节	甲状腺显像	(184)	第5节	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (V)-DMSA 肿瘤 显像	(248)
第2节	肾上腺显像	(197)	第6节	肿瘤放射免疫显像	(250)
第3节	甲状旁腺显像	(202)	第7节	放射性核素标记抗肿瘤药物 显像	(251)
第4节	垂体显像	(205)	第8节	放射性核素肿瘤显像 进展	(252)
<b>第12章 泌尿生殖系统</b>		(208)	<b>第15章 炎症</b>		(255)
第1节	解剖生理基础	(208)	第1节	炎症的病理生理	(255)
第2节	肾动态显像	(208)	第2节	$^{67}\text{Ga}$ 显像	(255)
第3节	肾静态显像	(211)	第3节	核素标记人非特异性丙种 球蛋白显像	(256)
第4节	介入试验	(212)	第4节	核素标记白细胞显像	(257)
第5节	肾脏炎症或感染	(213)	第5节	抗人粒细胞单克隆抗体 显像	(258)
第6节	肾小球肾炎	(213)	第6节	发热待查及软组织感染	(259)
第7节	肾肿瘤	(214)	第7节	炎症性肠道病变	(260)
第8节	肾血管性高血压	(215)	第8节	骨关节炎炎症性病变	(261)
第9节	尿路梗阻	(216)	第9节	免疫缺陷者感染	(263)
第10节	泌尿系统先天畸形	(217)	<b>中英文索引</b>		(265)
第11节	膀胱输尿管返流	(219)	<b>英中文索引</b>		(273)
第12节	肾外伤	(219)			
第13节	糖尿病性肾病	(219)			
第14节	肾功能衰竭	(220)			
第15节	移植肾的评估	(220)			
第16节	阴囊显像	(221)			
<b>第13章 血液及淋巴系统</b>		(223)			
第1节	骨髓及造血组织显像	(223)			



# 第 1 篇

CHINESE MEDICAL IMAGING

# 绪 论

原书空白页

# 第 1 章 概 述

核医学又称核子医学或原子医学，也有称为核素学，在我国属于一门独立的医学学科。由于放射学中 CT、MR、超声医学和核医学中的核素显像部分同属影像研究，因此核素显像是影像医学的一部分。核医学是现代先进技术在医学应用中的体现，也是医学现代化的标志，对临床医学的诊断、治疗和研究产生重要影响。本章就核医学的定义及其发展作概要介绍。

## 第 1 节 定 义

核医学是研究核技术在医学应用的专门学科，分为基础医学应用和临床医学应用，分别称为实验核医学和临床核医学，它们的发展又与核药学和核仪器等密切相关。

### 一、实验核医学

实验核医学(experimental nuclear medicine)是应用核素进行生物医学基础研究以及探索生命本质的一门学科，并进一步认识人体正常的生化和生理过程。

1923 年和 1924 年，Hevesy G. 应用放射性铅和铋研究动植物体内的分布实验，提出了示踪原理的概念，可以说是实验核医学中示踪实验的先驱。随后 Schoenheimer R. 等用放射性核素替代化合物中的非放射性原子，得到所谓标记化合物来研究脂肪酸、氨基酸的体内代谢，1924 年他提出体内成分动态分布，提示了体内物质的动态代谢交换过程，揭示了核素示踪技术在生物医学研究中的重要作用。核技术的方法如示踪原理、物质转换、放射自显影、配基结合和受体分析、稳定性核素测定等，在生物学、生化学、生理学、微生物学、免疫学、药理学、药理学和病理生理学得到广泛应用，并进一步推进了学科的发展和学科间的联系。实验核医学的基础技术已是基础医学研究中的重要手段，同时为临床核医学提供新方法，并促进临床核医学的发展。其中最为突出的例子是核药理学、放射化学以及核电子学(nuclear electronics)的发展，为

临床提供示踪元素和放射性显像剂以及灵敏的核探测仪器，推进了临床核医学的发展。由此可见，面向 21 世纪的高科技时代，学科间的渗透以及相互促进使科学研究提高到了一个新的水平。实验核医学在核医学领域内仍应发挥其重要作用。

### 二、临床核医学

临床核医学(clinical nuclear medicine)是研究放射性核素及其有关射线在临床医学中应用及其基础理论的学科。1983 年美国核医学学会给核医学的定义是：“核医学是应用放射性和稳定性核素的核特性对人体进行解剖学或生理学的诊断估价，也是应用开放性放射源进行治疗的一门医学专业”。由此可见核医学与医学诊断和治疗疾病关系密切，也是临床研究的好方法。由于它的安全、有效、无痛和无创性，在临床上广泛应用。

在方法学上，根据是否将放射性核素引入人体内而分成体内(in vivo)检查和体外(in vitro)检查两大类，前者又有功能和显像之分，由于疾病的病理过程以功能变化在前、结构变化在后，因此放射性核素的功能试验和血流测定对于疾病的早期诊断有重要价值，如吸<sup>131</sup>I 率测定、肾图和肾血流量、脑局部血流量测定等。

显像检查是临床核医学的主要内容，又称影像核医学(nuclear medicine imaging)，它是以放射性核素在脏器内分布异常为基础揭示疾病的功能和形态变化。与 CT、MR 仅发现脏器的结构异常不同，核素显像(nuclear imaging)是以脏器对某一显像剂的摄取而显示其功能和结构的异常，故称为功能性显像(functional imaging)，并能进行动态和定量观察，为疾病的诊断提供多方面的信息。某一特定的显像剂仅能显示某一特定脏器，不同于 CT、MR 在某一剖面能显示多种脏器。目前已有心、大血管、脑、甲状腺、甲状旁腺、肾上腺、肺、肝胆、唾液腺、肾脏、睾丸、骨骼、脾脏、淋巴系统等几十种显像技术。近年来，由于正电子发射电子计算机断层仪(positron emission computed tomography,

PET)和正电子药物的应用和发展,特别是氟 $^{18}\text{F}$ 脱氧葡萄糖( $^{18}\text{F}$ -FDG)的肿瘤、心肌和脑PET显像已从实验研究进入临床应用,核显像技术从功能性显像进入代谢或分子水平显像。

核素治疗的历史由来以久,从碘 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺功能亢进症和磷 $^{32}\text{P}$ 治疗血液病开始,不断发展到放射性胶体体腔和间质治疗、敷贴治疗等。对于一些难治性疾病,核素治疗有其独特的治疗效果,如 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺功能亢进症、 $^{131}\text{I}$ 治疗分化型甲状腺癌转移灶、 $^{32}\text{P}$ 治疗真性红细胞增多症,至今仍然是临床上常用的有效方法。近年来,钐 $^{153}\text{Sm}$ 乙二胺四甲基磷酸( $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP)治疗转移性骨痛、核素的“滑膜切除术”治疗骨关节炎均为发展中的有效疗法。

核医学虽然受到MR、CT和超声等影像学科的挑战,但发展是主流,现在核医学已向各系统发展,形成心血管核医学、神经核医学、肿瘤核医学、内分泌核医学、呼吸核医学、消化核医学、泌尿生殖核医学、小儿核医学、骨和关节核医学以及血液淋巴核医学等各个分支,对各个临床医学学科产生重要的影响。

### 三、核药 学

核药 学(nuclear pharmacy)是研究药物的放射性标记、制备、应用及有关理论的学科。它是放射化学与医学、药学相结合而形成的一门新学科,也是当今放射化学中十分活跃的领域,对推动核医学发展的作用是不言而喻的。核药 学的主要内容有:用于核药物标记或制备的放射性核素的选择、分离、纯化,核药物的制备和鉴定,动力学和体内分布,质量控制以及性能评价等。放射性药物已从反应堆核素( $^{131}\text{I}$ 、 $^{32}\text{P}$ )进入发生器和加速器药物,在很大程度上推动核显像技术从单光子显像进入正电子显像。核药 学是核显像技术的重要基础和组成部分,两者相互依存相互促进。

### 四、核仪器和核电子学

核仪器主要用于核素及其有关射线的探测以及显示脏器内放射性核素的分布,也称为核成像仪器。核素的探测及脏器成像主要涉及 $\gamma$ 光子或正电子的记录、转化、放大、定位和成像,有其电子学上的特性,又称核电子学。核电子学研究光子的转

化、放大、信噪比和灵敏度等内容。核仪器有 $\gamma$ 井型测量仪、单光子发射计算机断层仪(single photon emission computed tomography, SPECT)、全身扫描仪及PET等。核仪器与电子计算机的发展也是相互促进的,电子计算机已成为核成像仪器中最主要的组成部分。

## 第2节 发展 史

### 一、国外发展史

1895年德国物理学家Röntgen发现X线,树立了放射学的里程碑。同年法国物理学家Henri Becquerel发现铀盐也能使胶片感光,并且确定了放射性(radioactivity)的概念。1898年他的学生Marie Curie、Pierre Curie夫妇对铀、钍、钋和镭进行了提取和研究,发现它们能发射比X线更强的另一类射线—— $\gamma$ 射线。

1901年Becquerel把镭放在上衣口袋讲演后,发现腹部口袋下的皮肤出现红斑,由此产生了生物效应的概念。事实上Curie夫人死于白血病也是生物效应的最早例证。1903年美国Alexander Graham Bell提出用镭治疗肿瘤。

1911年Rutherford的著名电磁场实验阐明了 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线的物理本质。随后许多测量设备的发明,诸如闪光镜(spinneriscope)、云雾室、金叶电子镜(gold leaf electroscope)和1928年的盖革计数器(Geiger-Müller counter),为放射性物质的测量和应用奠定了物质基础。

1923年和1924年,Hevesy G.先后发表了用放射性铅和铋在植物和动物体内的测定,提出了放射性示踪原理,因此Hevesy G.被公认为放射性核素在生物学上应用的先驱者。

1920年Blumgart用镭C,铋 $^{214}\text{Bi}$ 进行的臂循环试验是首次放射性核素的临床应用。

1931年Ernest O. Lawrence和John Lawrence发明加速器,人工放射性核素大量产生。1934年Irene Curie和Frederic Joliot发现核轰击轻元素可转化为放射性元素,他们的化学分析发现轰击硼产生放射性氮 $^{13}\text{N}$ 、铝转变为磷 $^{30}\text{P}$ 。

1935年Hevesy G.应用 $^{32}\text{P}$ 在动物体内观察骨骼和脏器的摄取和排泄,发现骨骼形成是一个动态

过程,骨骼不断摄取并排出磷,整个过程在正常小鼠为2个月。这是首次提出动物体内和人体内组分的动态的概念。

1936年John Lawrence首先用 $^{32}\text{P}$ 治疗白血病,这是人工放射性核素治疗疾病的开始。

1934年Enrico Fermi发明核反应堆,生产第一个碘的放射性核素。1937年Herz首先在兔体内进行碘 $^{128}\text{I}$ 半衰期( $T_{1/2}$ 为25分钟)的甲状腺试验,以后被 $^{131}\text{I}$ ( $T_{1/2}$ 为8.4天)替代。1942年Joseph Hamilton首先应用 $^{131}\text{I}$ 测定甲状腺功能和治疗甲状腺功能亢进症,1943年至1946年用 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺癌转移。

1946年7月14日,美国宣布放射性核素可以进行临床应用,开创了核医学的新纪元。

1951年Benedict Cassen发明线性扫描机,1958年Hal O. Anger发明Anger照相机。1959年Solomon A. Berson和Rosalyn S. Yalow发明放射免疫分析等,对影像核医学和体外测定的发展都起到了很大的推动作用。

20世纪50年代,钼 $^{99}\text{Mo}$ -锝 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ( $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )发生器的出现,70年代单光子断层仪的应用和80年代后期正电子断层仪进入临床应用,使影像核医学在临床医学中的地位有了显著提高。

目前普遍的观点认为,20世纪70年代为心血管核医学,80年代为神经核医学,90年代为肿瘤核医学,并由此进入脑化学和分子核医学(molecular nuclear medicine)的发展年代,核医学的发展必将对临床医学产生深远的影响。

## 二、国内发展史

我国核医学历经四十余年有着较大的发展,放射性核素在医学研究、诊断和治疗上的不断推广和应用,使核医学在医学卫生事业中发挥着重要作用。

### (一) 实验核医学

1956年在军委卫生部领导下,在我国西安举办了最早的核素应用训练班,标志着我国核医学的诞生。学习班由军事医学科学院的丁德洋、中国协和医学院的王世真等教授主持。学习班讲授了核素的基本原理、辐射防护、核素示踪应用以及辐射效应等内容,并重视实验技能如G-M管和定标器的放射性测量、放射自显影、核素交换和体内分布、

蛋白质和脂肪代谢及合成等方法学的内容。学习班为我国培养了一批核素医学应用的年轻技术骨干,为日后实验核医学在我国的发展打下了基础。1957年又举办了第二期训练班,实验核医学的队伍有了进一步的扩大,有力地促进了我国放射性核素在生物学和医学各个领域中的发展。

1956年以后,中国协和医学院生化系和上海实验生物研究所相继建立了全国最早的生物医学核素应用实验室,进一步开展了核素在生物和基础医学的研究,并继续培养了实验核医学和核药学的技术人才。到60年代,随着医学教学中放射医学新专业的发展,我国不少医学和医药院校开设了课程,讲授有关核素在医学上的应用,并同时开展核素在医药学的研究工作,在液体闪烁测量技术、细胞水平的放射自显影技术、标记化合物的制备、生化示踪技术的研究以及放射免疫分析技术等各个方面开展了大量工作,并取得了大批成果。

70年代后期,在经历了短暂的停滞之后,实验核医学与核药学以前所未有的速度重新活跃和发展起来。许多医学院校建立了专供实验研究用的实验核医学基础实验室以及相应的专业队伍。实验核医学是核素在基础医学中的应用。放射性核素的应用渗透到生化、药理、免疫、生理、病理生理、分子生物学和生殖生理学等许多学科,并基本形成了实验核医学的学科领域,包括液体闪烁测量技术、放射自显影技术、体外分析技术(放射免疫分析和受体分析)、标记化合物的合成、放射性示踪剂的应用(物质代谢研究)、药代动力学、稳定性核素的应用以及核素在中医中药学的应用等内容。核药学也有相应的发展,诸如放射性药物的制备、药代动力学研究、放射性药物的体内分布和药效评估等研究均为核药学的主要内容。

纵观实验核医学的发展可以看到,在学科发展的路途中,学科的相互渗透、相互促进极为重要,因此在当前形势下,实验核医学如何继续结合医学特别是临床核医学的需要,进一步发展新技术、开辟新道路、迎接新挑战,是十分重要和迫切的课题。

### (二) 临床核医学

如果说1956年第一个核素应用训练班为我国实验核医学在基础医学应用的开始,那么1958年在北京举办的放射性核素临床应用训练班是核医学

在临床应用的起点。当时的授课教师有放射物理学的徐海超教授、放射生物学的陈又新教授、放射卫生学的魏履新老师、放射性核素临床应用的叶根耀老师，带教实验的有陈仁堉和邢家骝老师。参加学习的有北京、上海和广州等地的内科和放射科青年医师共10人。通过使用简单的放射性测量仪器，如测 $\beta$ 线的钟罩型计数器、测量 $\gamma$ 线的盖革计数器、64进位的定标器以及应用苏联进口的 $^{131}\text{I}$ 和 $^{32}\text{P}$ 等，掌握了放射性测量的基本技能，了解了放射性核素临床应用的基本原理，内容涉及甲状腺吸 $^{131}\text{I}$ 率测定、 $^{32}\text{P}$ 测定血容量和血管通透性、 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺功能亢进症和 $^{32}\text{P}$ 治疗血液病等。

在北京举办学习班之后，又在天津、上海和广州相继办班，这就是核医学历史上所谓的“京、津、沪、穗”放射性核素应用培训班。1959年由上海科技卫生出版社出版了放射性核素在临床诊断上的应用的首批国内资料。1958年3月~11月前后共9个月的时间内为我国培养了第一批临床核医学工作者，其中不少人成为核素(后来称核医学)的创始人。1972年中国科学院放射医学研究所王世真教授又在四川简阳举办了全国核素应用学习班，使核医学的队伍得到巩固和扩大，专业队伍的建立为核医学的发展奠定了扎实的人才基础。

我国临床核医学的发展可分为以下三个阶段：

1. 初创时期(1958年~1966年) 1958年以后，各医学院校附属医院相继建立了核素室，在放射医学课程中开设了核素临床应用课程，开展了 $^{131}\text{I}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、金 $^{198}\text{Au}$ 、铬 $^{51}\text{Cr}$ 和汞 $^{203}\text{Hg}$ 等放射性核素的临床应用，建立了甲状腺吸 $^{131}\text{I}$ 试验、放射性肾图、甲状腺和肝脏扫描四大常规。在治疗方面，进一步开展了 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺功能亢进症和甲状腺癌转移灶， $^{32}\text{P}$ 治疗真性红细胞增多症、淋巴瘤和白血病，胶体 $^{198}\text{Au}$ 或 $^{32}\text{P}$ 治疗胸腹腔转移性肿瘤， $^{32}\text{P}$ 敷贴治疗皮肤和眼科疾病等项目，为临床提供有效的无创治疗新方法，取得了显著成效。

2. 缓慢发展阶段(1966年~1980年) 文化大革命中，核医学发展也受到一定的挫折，但在70年代依然缓慢发展，特别是1972年举办的放射性核素应用展览会，向广大群众宣传放射性核素在医、农、工等的应用以及对国民经济的重要意义，对核医学的推广应用及其发展起着重要影响。引进一批国外 $\gamma$ 照相机并在国内开始研制 $\gamma$ 照相机，

$^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器以及锡 $^{113}\text{Sn}$ -铟 $^{113\text{m}}\text{In}$ ( $^{113}\text{Sn}$ - $^{113\text{m}}\text{In}$ )发生器的相继研制成功，并在临床上广泛应用，均为此阶段的核医学发展提供了重要条件。在核影像学方面，从静态的扫描显像进入动态的 $\gamma$ 照相显像，不但缩短了病人的检查时间，而且提高了诊断质量，使脏器显像的范围有了进一步的扩大，从甲状腺、肝脏和肾脏扩展到脑、肺、脾、骨骼、肾上腺和胎盘等。但在治疗方面处于停滞状态，除维持甲状腺功能亢进症、甲状腺癌转移灶、红细胞增多症等治疗外，并无很大的进展。

3. 迅速发展时期(1980年~1998年) 1983年从国外引进第一批SPECT标志着我国影像核医学进入了发射计算机断层(emission computed tomography, ECT)时代。在此同时，我国已完成 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器及其生产线的研制， $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器配套药盒由专业药厂定点生产和供应，并经过卫生部药品审评中心的批准，为临床提供了各种脏器显像剂。特别是锝 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 甲氧异腈( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI)和锝 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 双半胱乙酯( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD)这两种药盒，对心血管核医学和神经核医学的发展起着很大的推动作用。骨显像和甲状腺显像居日常工作量的首位，心脏和脑血流灌注显像已成为重要的常规项目，肺通气及灌注显像也有所发展。90年代以来，随着加速器在我国的建成，镓 $^{67}\text{Ga}$ 、铊 $^{201}\text{Tl}$ 等核素可以自给，放射免疫显像的不断研究推进了肿瘤核医学的发展，已显示出对肺癌、乳腺癌和淋巴瘤等有临床价值。在此期间，放射性核素的治疗有了新的发展，特别是 $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP治疗转移性骨痛已取得较广泛应用。但放射免疫体外分析技术受到非核素分析技术的挑战，核医学某些项目的放免检测已开始被荧光免疫、化学发光、酶免疫发光和电化学免疫分析所替代，以满足临床快速诊断的要求。

我国的探头式功能仪在此期间也有较大的发展，心功能仪已被淘汰，而单探头甲状腺功能仪以及多探头肾功能仪经计算机智能化后，可快速计算各项定量指标，并同时进行肝血流量、心排出量等测定，在我国仍是中小医院核医学的主要仪器设备。多个探头式脑血流量测定仪与计算机结合不仅能提供局部脑血流量(regional cerebral blood flow, rCBF)的定量数值，还可给出血流分布的彩色图像。

综上所述,我国核医学走过了四十余年的历程,有了较大的发展,据1993年的我国核医学基本情况调查,除台湾、澳门、香港和西藏外,共有专业人员4002人,以北京和上海两地最多。其中高级人员占16%,医学专业占74.16%,其他为核物理、放射化学、药学、计算机、生化检验和护理等专业,核医学单位749家,临床单位占85%,其中不少中小医院仅有功能测定和放免检测,也有不少附设的或独立的放免检测单位。在核影像仪器方面,目前我国SPECT技术经十多年发展,全国已有SPECT 250多台,部省级和高等院校占84%。医学院校和市级医院均能开展影像核医学检查、甲状腺和肾功能检查、放射免疫分析测定以及核素治疗工作,核医学在临床教学、医疗和科研上均发挥重要的作用。

随着加速器药物包括正电子发射核素的迅速发展,世界各地建立了不少正电子发射计算机断层中心,PET已进入临床应用, $^{18}\text{F}$ -FDG的PET或SPECT的应用将在很大程度上把肿瘤核医学提高到一个新的水平。我国虽然不宜全面开展PET的应用,但建立少数几个PET中心以提高我国核医学的整体水平十分必要。目前我国的核医学与国外相比尚有很大差距,相信随着核仪器的不断更新,我国的核医学特别是影像核医学,在21世纪必将以崭新的面貌赶上世界先进水平。

### (三) 中华核医学会和中华核医学杂志

1. 中华核医学会(Society of Chinese Nuclear Medicine) 1980年5月在河北省石家庄市成立了在中华医学会和中国核学会双重领导下的中华核医学会,由中国科学院院士王世真教授任首届主任委

员,从此核医学工作者有了自己的专业学会,这对开展学术交往、扩大对外交流、培养人才、科普宣传以及推动学科发展起着重要作用。学会每4~5年进行一次全国性的学术交流并进行换届选举,至今已有五届。学会下设临床核医学、实验核医学、放射免疫学、核电子学和核仪器、放射性药物学以及核医学技术等各个专业学组,以帮助核医学的各个分支学科的发展。

2. 中华核医学杂志 《中华核医学杂志》(Journal of Chinese Nuclear Medicine)是中华核医学会的学术刊物,创刊于1981年,编辑部设立在江苏省原子医学研究所,至2001年为止,20年间已出版了20卷,杂志在中华核医学会的领导下,发表我国核医学工作者的研究论文、交流和传递信息、开展国际活动。此外其他有关杂志,如《核技术》为每年二期核医学专刊、《中国医学影像技术》、《中国医学影像学杂志》、《中国临床医学影像杂志》和《上海医学影像》等也发表核医学的文章,而《标记免疫分析与临床》、《放射免疫学杂志》则发表有关免疫分析的论文,均对核医学的发展起着重要的推动和交流作用。

总之,中华核医学会的宗旨是大力开展学术活动和交流,提高我国的核医学学术水平,除举办全国性专业会议,还有专题的跨学科专业会议、学习班、中青年学术会议以及国际学术交流会议。《中华核医学杂志》的办刊方针是大力开展核医学的学术论坛、建立学术交流的园地。对于核医学的发展,中华核医学会和《中华核医学杂志》都发挥着重要作用,其贡献是不言而喻的。

(朱承谟)

## 第2章 原理和方法

放射性核素及其标记化合物与非放射性元素和化合物有相同的生化和生理作用，但具有放射性，因此进入机体后能灵敏地探测其体内的行踪，即所谓示踪技术。同样放射性核素及其标记化合物被某一脏器摄取或浓集，经细胞清除、排出或代谢，应用核仪器可研究它们在脏器内的分布，为探测脏器的异常提供诊断方法。不论哪种核显像技术，其基本原理相同。

### 第1节 核显像的原理

能被某一脏器或其病变选择性摄取的放射性核素或其标记化合物称脏器显像剂。核仪器显示的某脏器影像称显像(imaging)，实际上是放射性核素及其标记化合物在体内的分布图像。通常正常脏器组织对于放射性的摄取是均一的，而病变组织由于功能受损出现放射性摄取减少甚至不摄取，称放射性减低或缺损，利用正常与异常组织间对于放射性的摄取差异是核显像的诊断基础。反之，利用仅能为病变组织摄取而正常组织不摄取的核素而显示出病变区的放射性，是近年来发展的亲肿瘤显像的基础。

核素显像有别于CT、MR，它是根据脏器的功能状态而显示其形态或结构异常，故有功能性显像之称。

核素浓集于脏器的机制，主要依靠如下七个方面。

#### 一、血液供应

足够的血供是脏器显像的先决条件，核素必须通过血液循环到达脏器而被吸收，如冠状动脉粥样硬化或脑血管供血不足将在心肌显像和脑显像图上出现局部放射性摄取的减低，可见放射性在脏器的浓集反映着脏器的血流量。

#### 二、细胞的代谢状态

放射性核素及其标记化合物可因细胞的代谢需

要而为脏器所吸收。如碘参与甲状腺激素的代谢，碘被甲状腺滤泡吸收并作为合成甲状腺激素的主要原料，因此放射性 $^{131}\text{I}$ 可测定甲状腺功能并可显示甲状腺。同样， $^{131}\text{I}$ 标记的碘代胆固醇( $^{131}\text{I}$ -IC)和 $^{131}\text{I}$ 标记的间碘苄胍( $^{131}\text{I}$ -MIBG)，作为合成肾上腺皮质激素和肾上腺素的前身物质可分别被肾上腺皮质和髓质所摄取而进行肾上腺皮质和髓质显像。此外 $^{18}\text{F}$ -FDG作为细胞活动的能量物质参与心、脑细胞或肿瘤的糖代谢，进入机体后能被它们迅速摄取而显示心、脑和肿瘤的影像，均与这些组织参与 $^{18}\text{F}$ -FDG的糖代谢有关。

#### 三、代谢产物或异物为细胞摄取和清除

许多显像方法是根据标记物质作为脏器的代谢产物被摄取或清除，如 $^{131}\text{I}$ -邻碘马尿酸钠为肾小管上皮细胞摄取而随尿液排出体外进行肾和尿路显像。锝[ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ]乙酰苯胺亚氨酸衍生物( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EHL-DA)和锝[ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ]吡哆醛甲基色氨酸( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT)均由肝细胞摄取而经胆道排出到肠腔，可进行动态肝胆显像。利用变性红细胞在脾脏破坏和清除， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记的热变性红细胞能浓集在脾脏而进行脾显像。此外，放射性胶体作为异物能为肝脏网状内皮细胞所吞噬， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记的右旋糖酐高分子物质经淋巴管清除，可分别进行肝脏和淋巴显像。

#### 四、离子交换和吸附

放射性显像剂与脏器内某些离子以交换或吸附的方式被摄取，如骨骼内有丰富的羟基磷灰石，对维持骨骼的钙、磷离子的内环境平衡起重要作用。放射性 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记的亚甲基二膦酸盐( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP)或焦磷酸盐( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PYP)能与羟基磷灰石中无机盐以类似离子交换柱的作用进行交换而被摄取，因此MDP和PYP浓集于骨骼组织使骨显像。

#### 五、血池或血库的作用

心腔、大血管、肝血窦充满血液，称血池或血



库。将放射性核素标记于不能经血管内迅速逸出的物质(如人体白蛋白或自身红细胞)再注入血液内可显示心腔、肝和大血管,分别称心、肝血池显像或大血管显像。用小容量和高放射性的放射性核素以“弹丸”形式快速注射,可显示核素在血管和各心脏房室的行径,称核素心血管造影,对先天性心脏病的诊断有一定意义。注入两侧足背静脉可观察下肢深、浅静脉的通畅程度,称核素下肢静脉造影。以上均是利用核素在血管或心血池内停滞期间显示血管或心腔的影像,同样核素注入蛛网膜下腔或侧脑室也可显示脑脊液的分泌循环和清除过程。

## 六、暂时性微血管嵌顿

注入大于 $10\mu\text{m}$ 直径的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记大颗粒聚合人血浆白蛋白( $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ ),由于其直径超过肺毛细血管的直径,使一部分肺血管床暂时性嵌顿,肺内滞留一定量的放射性,称肺灌注显像,它能反映肺动脉血流分布。随后MAA会自行分解,对病人不引起任何危害。

## 七、特异性结合

标记抗体注入体内,会自动导航到肿瘤部位与抗原进行特异结合,这是利用抗原与抗体相结合的免疫学原理而得到的放射免疫显像。标记配基注入体内与脏器或肿瘤部位的受体相结合,如 $^{131}\text{I-MI-BG}$ 肾上腺髓质显像、铟[ $^{111}\text{In}$ ]奥曲肽( $^{111}\text{In-Oct-reotide}$ )肿瘤阳性显像均为典型例子,表示着配基与受体的又一种特异性结合,是近年来发展中的一种受体显像。

# 第2节 方 法

一般可将核显像技术分为以下几种方法,在临床实践中根据不同的仪器和要求选择应用,以提高临床诊断效果。

## 一、全身显像和局部显像

$\gamma$ 照相机或ECT的探头沿人体长轴匀速移动,采集从头至足部的全身信息称全身显像。骨显像为全身显像的一个例子,骨髓、肿瘤探查(如甲状腺癌转移灶)、炎症、血池和淋巴也有全身显像。探头移动瞬间的信息量较少,分辨率较低,对可疑病

变应辅以局部显像明确诊断。仅显示某一脏器或身体某一部位的图像称局部显像,有信息量多和图像清晰等优点,分辨率好,对比度强。

## 二、静态显像和动态显像

### (一) 静态显像

注射显像剂后,探头对准局部脏器采集,一次成像得到静态显像。由于一定时间内有足够多的信息量,图像的清晰度和对比度较好。对脏器的形态、大小、位置和放射性分布提供定位和定性诊断,经数据处理得到定量参数,为脏器的局部功能和代谢提供很有价值的参数。

### (二) 动态显像

快速“弹丸”注射放射性核素,定时多次快速拍摄脏器的连续影像称动态显像,可分快速(几秒至1分一帧)和慢速(几分至几小时一帧)动态显像。这种随时间的放射性变化,可在图像上勾画感兴趣区(region of interest, ROI)后描绘出时间—放射性曲线,可进一步计算动态变化中的各项动态参数,甚至图像中每一象素的定量参数,有助于观察脏器内每一个微小局部的功能变化和差异,这是高度特异性功能显像的特点。

一般脏器的动态显像给出动脉相、静脉相和平衡相显像,对于了解脏器的灌注血流变化有很大帮助,如血流丰富的脏器或恶性肿瘤,动脉相已可见到放射性的明显增强。动态显像后间隔一定时间再进行一次显像得到一帧静态显像,因此实际工作中两者可结合进行。

## 三、平面显像和断层显像

探头贴近脏器表面进行的无论是动态或静态显像,都是脏器的综合图像称平面显像,位于脏器深部病变的放射性变化受正常部位放射性的掩盖而不易被探查出来,因此平面显像实质上是一种叠加图像,容易产生假阴性或假阳性。当然,增加各种体位平面显像(如前位、后位、侧位和斜位)虽可克服一些干扰因素,但小病灶仍可被漏诊。

随着核仪器发展为发射型断层仪,探头围绕身体长轴作 $180^\circ$ 或 $360^\circ$ 旋转,通常以步进方式进行采集,再经计算机图像重建,得到横断、矢状和冠状断层。每种断层又有多个层面,每层厚度可根据需要选择,因为避免了各个层面的放射性相互干扰