

全国卫生专业技术资格考试专家委员会 | 编写

2008

全国卫生专业技术资格
考试指导



核医学技术

适用专业
核医学技术(中级)

[附赠考试大纲]



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

全国卫生专业技术资格考试专家委员会 | 编写

2008

全国卫生专业技术资格
考试指导

核医学技术

适用专业
核医学技术(中级)



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

· 图书在版编目(CIP)数据 ·

核医学技术/全国卫生专业技术资格考试专家委员会编写.

—北京:人民卫生出版社,2008.1

(2008 全国卫生专业技术资格考试指导)

ISBN 978-7-117-09442-9

I. 核… II. 全… III. ①医学—医药卫生人员—资格考
核—自学参考资料②原子医学—医药卫生人员—资格考
核—自学参考资料 IV. R-42 R81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 199072 号

本书本印次封一贴有防伪标。请注意识别。

2008 全国卫生专业技术资格考试指导

核 医 学 技 术

编 写:全国卫生专业技术资格考试专家委员会

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址:北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编:100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线:010-67605754 010-65264830

印 刷:北京市卫顺印刷厂

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.25

字 数:403 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-09442-9/R·9443

定 价:39.00 元

版权所有,侵权必究,打击盗版举报电话:010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

出版说明

为贯彻国家人事部、卫生部《关于加强卫生专业技术职务评聘工作的通知》等相关文件的精神，自 2001 年全国卫生专业初、中级技术资格以考代评工作正式实施。通过考试取得的资格代表了相应级别技术职务要求的水平与能力，作为单位聘任相应技术职务的必要依据。

依据《关于 2008 年度卫生专业技术资格考试工作有关问题的通知》（国人厅发[2007] 153 号）文件精神，自 2008 年度起卫生专业技术资格考试中级资格新增疼痛学专业，卫生专业中级技术资格考试专业增加至 113 个。其中，全科医学、临床医学等 64 个专业的“基础知识”、“相关专业知识”、“专业知识”、“专业实践能力”4 个科目全部实行人机对话考试。其他 49 个专业的 4 个科目仍采用纸笔作答的方式进行考试。

为了帮助广大考生做好考前复习工作，特组织国内有关专家、教授编写了《卫生专业技术资格考试指导》核医学技术部分。本书根据最新考试大纲中的具体要求，参考国内外权威著作，将考试大纲中的各知识点与学科的系统性结合起来，以便于考生理解、记忆。全书内容与考试科目的关系如下：

“基础知识”：考试内容为核医学考试指导的第一章至第六章，即总论、核物理基础、核医学仪器、电子计算机在核医学中的应用、核化学与放射性药物和放射卫生防护。

“相关专业知识”：考试内容为核医学考试指导的第七章至第十一章和第十五章、十六章，即神经系统、循环系统、消化系统、呼吸系统、泌尿生殖系统、肿瘤和炎症。

“专业知识”：考试内容为核医学考试指导的第十二章至第十四章和第十七章、十八章，即内分泌系统、血液淋巴系统、骨骼系统、体外放射分析和放射性核素治疗。

“专业实践能力”：考试内容为第三章、第六章以及第七章至第十八章的实际应用，例如病例分析和影像分析。

目 录

第一章 核医学总论	1
第二章 核物理基础	9
第一节 原子核	9
第二节 核的衰变及其方式	9
第三节 放射性核素的衰变规律	11
第四节 射线与物质的相互作用	13
第五节 电离辐射量及其单位	15
第三章 核医学仪器	17
第一节 核医学射线测量仪器	17
第二节 γ 照相机和单光子发射计算机断层仪 (SPECT)	25
第三节 正电子发射计算机断层仪 (PET)	35
第四节 放射性计数的统计规律	36
第四章 电子计算机在核医学中的应用	39
第一节 核医学计算机的组成	39
第二节 图像的数字化和计算机显示	40
第三节 图像的采集和处理	44
第五章 核化学与放射性药物	48
第一节 放射性药物的体内定位机理	48
第二节 放射性药物的制备	49
第三节 放射性药物的质量控制	53
第四节 正确使用、不良反应及其防治	54
第五节 临床常用的放射性药物	56
第六章 放射卫生防护	60
第一节 放射生物效应与防护原则	60
第二节 核医学工作场所	61
第三节 工作人员的防护	63
第四节 工作人员的职责	64
第五节 患者的防护	65
第六节 放射卫生防护法规与标准	66

第七章 神经系统	68
第一节 脑的解剖与生理	68
第二节 脑灌注显像	71
第三节 放射性核素脑灌注显像介入试验	76
第四节 PET 脑代谢显像	80
第五节 脑受体显像	83
第六节 血脑屏障功能显像	86
第七节 脑脊液间隙显像	89
第八节 脑肿瘤显像	90
第八章 循环系统	93
第一节 心脏的解剖和生理	93
第二节 首次通过法心室造影	94
第三节 门电路心血池显像(平面及断层)与心功能参数	98
第四节 心肌灌注显像(平面及断层)	104
第五节 心肌受体显像	109
第六节 介入试验	110
第七节 亲梗塞灶显像	114
第八节 PET 心肌显像	116
第九节 放射性核素动脉显像	119
第十节 放射性核素静脉显像	120
第九章 消化系统	123
第一节 解剖与生理基础	123
第二节 消化道动力学研究	124
第三节 消化道出血显像	127
第四节 异位胃黏膜显像	128
第五节 肝胆系显像	129
第六节 肝脏肿瘤的核医学影像诊断	137
第七节 门静脉压力测定	139
第八节 消化系统核医学中的非影像学方法	140
第十章 呼吸系统	141
第一节 解剖与生理概述	141
第二节 肺功能测定与肺功能显像	143
第三节 肺灌注显像	145
第四节 肺通气显像	148
第五节 呼吸道纤毛运动显像方法	152
第六节 肺上皮细胞通透性测定	153

第十一章 泌尿生殖系统	155
第一节 肾脏的解剖和生理.....	155
第二节 肾静态显像.....	156
第三节 肾动态显像.....	157
第四节 肾图.....	159
第五节 GFR 和 ERPF 测定	161
第六节 介入试验.....	163
第七节 双核素肾动态显像.....	164
第八节 膀胱尿返流显像.....	165
第九节 阴囊显像.....	166
第十二章 内分泌系统	168
第十三章 血液淋巴系统	178
第一节 红细胞标记及应用.....	178
第二节 骨髓显像.....	179
第三节 脾脏显像.....	180
第四节 淋巴显像.....	182
第十四章 骨骼系统	184
第一节 解剖与生理基础.....	184
第二节 骨显像特点.....	186
第三节 骨显像的原理.....	186
第四节 骨显像的适应证.....	187
第五节 骨显像剂.....	187
第六节 骨显像的分类.....	188
第七节 全身骨显像.....	189
第八节 局部骨显像.....	190
第九节 三相骨显像.....	192
第十节 断层骨显像.....	192
第十一节 骨显像操作注意事项.....	193
第十二节 骨显像表现.....	196
第十三节 影响骨显像质量的因素.....	200
第十四节 常见伪影.....	201
第十五章 肿瘤	202
第一节 放射免疫显像.....	202
第二节 ^{99m}Tc -MIBI 和 ^{201}Tl 肿瘤显像	204
第三节 ^{99m}Tc (V) -DMSA 肿瘤显像	205
第四节 ^{67}Ga 肿瘤显像	207

第五节	^{18}F -FDG 正电子断层肿瘤显像	208
第六节	生长抑素受体显像	210
第十六章	炎症	212
第一节	^{67}Ga 炎症显像	212
第二节	标记白细胞显像	213
第三节	标记人非特异性 IgG 显像	216
第四节	抗人粒细胞单克隆抗体显像 (AGAB)	217
第五节	^{18}F -FDG 炎症显像	218
第十七章	体外放射分析	220
第十八章	放射性核素治疗	234
第一节	放射性核素治疗原理	234
第二节	放射性核素治疗的管理	235
第三节	甲状腺疾病的 ^{131}I 治疗	237
第四节	肿瘤的放射性核素治疗	242
第五节	增生性血液疾病的 ^{32}P 治疗	248
第六节	皮肤病的放射性核素敷贴治疗	249

第一章 核医学总论

一、核医学的定义与内容

1. 定义 核医学是研究核技术在医学的应用及其理论的学科,也可以说:核医学是应用放射性核素或核射线诊断、治疗疾病或进行医学研究的学科。核医学又是一门涉及多学科领域的综合性、边缘性医学学科,它是核物理学、电子学、化学、生物学、计算机技术等相关学科与医学相结合的产物,核医学为解决医学中某些诊断、治疗中的疑难问题以及为医学科学研究提供重要而有效的手段。从应用领域讲,核医学不仅包括了临床诊断,而且还有临床治疗和科学研究,几乎涉及医学的各个学科和专业;从技术手段来讲,核医学不仅有显像技术,功能测定技术,还包括了体外分析实验技术。因此,核医学不是一项简单的技术,而是一个涉及范围和研究领域都十分广泛的独立临床医学学科。

2. 内容 核医学以其应用和研究范围侧重点不同,可大致分为实验核医学和临床核医学两部分。其中实验核医学主要包括放射性药理学、放射性核素示踪技术、放射性核素动力学分析、体外放射分析、活化分析、放射自显影以及稳定性核素分析等。其任务是发展、创立新的诊疗技术和方法,推动临床核医学的发展,促进医学科学的进步。临床核医学是利用核医学的各种原理、技术和方法来研究疾病的发生、发展,研究机体的病理生理、生物化学和功能结构的变化,达到诊治疾病、提供病情、疗效及预后的信息。临床核医学是核医学的重要部分,根据其应用目的不同,临床核医学又分为诊断核医学和治疗核医学两大部分,其中诊断核医学包括脏器或组织影像学检查、脏器功能测定和体外微量物质分析等;治疗核医学分为内照射治疗和外照射治疗两类,外照射治疗主要包括放射性核素敷贴治疗、前列腺增生治疗等低剂量辐射源进行的治疗;内照射治疗是治疗核医学的主要内容,随着新的治疗药物和治疗方法的研究进展,治疗核医学必将成为临床上治疗某些疾病的重要方法之一。临床核医学又是一门发展十分迅速的新兴学科,随着学科的不断发展和完善,临床核医学又逐步形成了各系统核医学,如心血管核医学(又称核心脏病学)、内分泌核医学、神经系统核医学、肿瘤核医学以及消化系统核医学、呼吸系统核医学、造血系统核医学、泌尿系统核医学等系统学科,它反映了核医学不断成熟与完善的过程。

3. 核医学发展简史 1896年法国物理学家贝可勒尔发现铀的放射性,第一次认识到放射现象。1898年在巴黎的波兰化学家居里与她的丈夫皮埃尔共同发现了镭(88号元素),此后又发现了Pu和Th—天然放射性元素。1903年居里和贝可勒尔共获诺贝尔物理学奖;1911年又获得诺贝尔化学奖。1926年美国波士顿内科医师 Blumgart 首先应用氢研究循环时间,第一次应用了示踪技术,后来又进行了多领域的生理、病理和药理

研究,被称为“临床核医学之父”。化学家 Hevesy 最早将同位素用于生理的示踪研究,并发明中子活化分析,1943 年获诺贝尔奖金,称为“基础核医学之父”。1930 年美国加州大学的物理学家劳伦斯生产出一个回旋加速器。1934 年艾伦·居里和她的丈夫约里奥用 α 粒子照射 Al 生成 ^{30}P ,第一次用人工方法生产了放射性核素,同年费米用中子源生产出多种核素。1942 年费米在芝加哥大学建立了世界上第一座核反应堆。同年,Joseph Hamilton 发表了用放射性碘研究甲状腺功能。此后,人工放射性核素也能大量生产,核医学仪器也在不断研制,为核医学的发展提供了必要的条件。1951 年美国加州大学的卡森(Cassen)研制第一台扫描机,通过逐点打印获得器官的图像,促进了显像的发展。美国核医学协会专门设立了“Cassen 奖”。1952 年美国宾夕法尼亚大学的一年级医学生 David Kuhl 设计了扫描机光点打印法。1952 年 Robert Newell 发明了聚焦多孔准直器,并提出了“Nuclear”一词。1957 年 Anger 研制出第一台 γ 照相机,称 Anger 照相机,并在日内瓦原子能和平会议上展出。1960 年美国 Berson 和 Yalow 建立了放射免疫分析法,并用于测定血浆胰岛素浓度,因此 1977 年获得了 Nobel 生物医学奖。70 年代核医学发展的主要标志是:计算机广泛应用于核医学领域;ECT 研制获得成功; ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器广泛应用。

二、放射性核素示踪技术

1. 定义 放射性核素示踪技术是以放射性核素或标记化合物为示踪剂,应用射线探测仪器探测其行踪,达到研究示踪剂在生物体系或外界环境中分布及运动规律的技术。可以说,核医学的各种诊断技术都是建立在核素示踪技术之上的,无论是显像、功能测定,还是体外分析技术。

2. 原理 放射性核素之所以能作为示踪剂是基于以下两点:

(1) 同一性:放射性核素及其标记化合物和相应的非标记化合物具有相同的化学及生物学性质。由于一种元素的所有同位素化学性质相同,在生物体内所发生的化学变化、免疫学反应和生物学过程也都是完全相同的,生物体或生物细胞不能区别同一元素的各个同位素,而是一视同仁地对待它们。同样,放射性核素标记化合物也具有同一性,因为标记化合物与被研究的物质也具有相同的生物学性质和代谢途径。在这个过程中并不改变化合物的原有结构,也不影响该化合物的原有性质。在核医学中,用放射性 ^{131}I 来研究稳定性 ^{127}I 的生物学行为,用 ^3H -TdR 研究细胞增殖功能等等。

(2) 可测性:放射性核素及其标记化合物与相应的未标记化合物尽管具有相同的化学性质和生物学行为,但是它们的物理学性能却不同,放射性核素及其标记化合物可发出各种不同的射线,且能够被放射性探测仪器所测定或被感光材料所记录。放射性示踪剂在生物体系或外界环境的代谢过程中,由于放射性核素的原子核不断地衰变而放出具有一定特征性的射线,这些射线可以用放射性探测仪器探测出来,因而可以对标记的物质进行精确的定性、定量及定位的研究。

放射性核素示踪剂在体内的生物学行为主要取决于被标记物,而其标记的放射性核素在整体示踪研究体系中主要起着示踪作用。用于放射性示踪实验的常用放射性核素并不算多,比如物质代谢转化研究中的 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 等,体外放射分析中的 ^{125}I ,脏器功能测定与显像的 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 等,但是用这些核素标记的化

合物却可达数百种之多,相同的核素标记在不同的化合物上,表现出来的体内代谢过程和生物学行为以及用途可能完全不同,并且随着新的标记化合物的研制,将不断扩展核医学的应用范围。例如, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 是临床上最常使用的放射性核素,高锝酸盐离子($^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$)本身主要被甲状腺、唾液腺以及消化腺摄取,可用于甲状腺功能测定和甲状腺显像,但 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO可透过血脑屏障到达脑组织,用于脑血流显像; $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI聚集于心肌组织和某些肿瘤组织,用于心肌灌注显像和肿瘤阳性显像; $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA则主要被肾小管上皮细胞吸收和浓聚,可用于肾皮质显像等。因此,应根据实验对象和目的的不同、实验方法不同,选择适当的放射性核素和标记化合物。

3. 优点

(1) 灵敏度高:由于射线的特性、放射性测量仪器的检测能力,以及标记化合物的比放射性可以很高,因此放射性核素作为示踪物时,可以精确地探测出极微量的物质,一般可达到 $10^{-14}\sim 10^{-18}\text{g}$ 水平,这对于研究体内或体外微量生物物质的含量具有特殊价值。例如,1Ci的 ^{32}P 仅有 $3.52\mu\text{g}$,即 $3.52\times 10^{-6}\text{g}$,而放射性测量仪器可以精确地测出 10^{-9}Ci 或更弱的放射性,也就是说,测量 ^{32}P 的灵敏度可达 10^{-15}g 数量级。

(2) 方法简便、准确:由于测定对象是核射线,而标记化合物(示踪剂)中放射性核素放出的射线不受其它物理和化学因素(如温度、pH值等)的影响,同时放射性测量不受反应体系中其它非放射性杂质的干扰,省去了许多可能导致误差的分离、提纯等步骤,减少了待测物化学量的损失,这不仅简化了实验程序,而且提高了实验结果的可靠程度,可以获得较好的准确性。

(3) 合乎生理条件:由于放射性核素示踪技术方法灵敏度高,所需化学量很少,不致扰乱和破坏体内生理过程的平衡状态,因此允许在生理条件下或培养细胞体系中完成分析实验,属于非破坏性实验方法,反映的是被研究物质在生理剂量和原有生理状态下的代谢变化,所得结果更接近于真实的生理情况。

(4) 定性、定量与定位研究相结合:放射性核素示踪技术不仅能定量测定和进行动态研究,而且还可定位观察。如放射自显影技术可确定放射性标记物在器官或组织标本中的宏观或微观定位与定量分布,并可与电子显微镜技术结合,进行亚细胞水平的定位分析,使功能与结构的研究统一起来。

4. 缺点与局限性:①需要专用的实验条件,例如专用的放射性实验室、放射性测量仪器、严格的放射性操作程序,以及必要的放射性防护设备等;②需要具有一定专业训练的技术人员,因该类方法是一个多环节的实验过程,又是微量精密操作,许多环节均可影响到实验结果,为获得可靠结果,必要的专业训练是必不可少的;③由于放射性核素本身的特点,使用不当可能会对实验对象、工作人员产生一定的放射性生物效应。因此在实验设计上和预防措施上,都应予以相应的考虑。一是放射性核素或标记化合物与被研究物质具有相同的化学性质;二是放射性核素示踪剂在衰变过程中能自发的释放出射线,而利用探测仪器可以对其精确定位、定性和定量。

5. 基本方法

(1) 放射性制剂的选择:了解标记物的标记位置;选择合适的放射性核素、半衰期、射线种类和能量以及放化纯和放射性核素纯度。放射性核素半衰期的选择,示踪剂射线能量与放射性活度的选择等。

(2) 示踪剂的剂量选择：包括化学量与放射性活度量选择，既要满足放射性测量的精度要求，又要考虑辐射生物效应尽可能小的原则。

(3) 放射性生物样品的制备及测量：对 γ 放射性样品一般可直接用井型计数器测量；而 β 放射性样品需根据情况采用消化法和燃烧法对样品进行处理后，应用液体闪烁计数器测量。

(4) 示踪实验的数据处理与结果分析。

6. 示踪技术的主要类型及应用

(1) 核素稀释法：其原理是根据化学反应物在稀释前后质量相等的原理。分为正稀释法和反稀释法。可用于测定血容量、全身水含量及细胞外液量等。

(2) 物质转化的示踪研究：了解前体与代谢产物间的关系、中间代谢产物顺序的比活度测定等。

(3) 动态平衡的示踪研究：了解正常情况下或疾病状态下，生物体内某种物质运动的量变规律。

(4) 脏器功能测定、脏器显像以及体外放射分析技术等均是利用示踪技术的原理。

三、放射自显影

1. 原理 利用射线能使感光材料感光的原理，探测放射性核素或标记化合物在生物组织中分布状态的一种显影技术。

2. 种类 宏观自显影：是从总体水平来观察放射性核素在体内分布状态的显影技术，一般观察范围较大，但分辨率较低，只能用肉眼、放大镜观察，用黑度判断示踪元素的部位和数量。微观自显影：从细胞水平来观察放射性核素在生物样品中的微观分布状态，多用于组织、细胞等标本的示踪研究，需应用显微镜观察，要求分辨率较高，通过银颗粒来判断示踪元素的部位与量。电子显微镜自显影：观察的范围更小，要求更高的分辨率，以单层银粒的分布判断示踪剂的部位和定量，适用于细胞超微结构的示踪研究。

3. 应用 细胞动力学研究、药物的定位分布及代谢研究、受体及抗原的定位研究等。

四、放射性核素显像技术

(一) 显像原理

放射性药物引入体内后，将根据药物与脏器或组织的相互作用，参与机体的代谢过程，被脏器或组织吸收、分布、浓聚和排泄。由于放射性核素在自发地衰变中能发射出射线，如 γ 射线。因此利用显像仪器（ γ 照相机或 ECT）能够准确获得核素及其核素标记物在脏器、组织的分布和量变规律，从而达到诊断疾病的目的。

(二) 脏器或组织摄取显像剂的机理

合成代谢： ^{131}I 甲状腺显像等；细胞吞噬：肝胶体显像或淋巴显像等；循环通道：心血管动态显像、脑脑脊液显像等；选择性浓聚：亲肿瘤显像或放射免疫显像等；选择性排泄：肾动态显像等；通透弥散： ^{133}Xe 肺功能显像；细胞拦截：热变形红细胞脾脏显像；化学吸附：骨骼显像等；特异性结合：放免显像、受体显像、肿瘤基因显像等。

(三) 显像前准备、显像条件及其选择

作为核医学的技师，其主要任务是采集符合诊断质量的图像，不给报告医师提供错误信息，避免人为假像、不正确标记及其它易导致阅片误解的信息。为了保证图像质量，必须做到正确的药物制备、准确理解申请单、显像仪器的准备、了解计数密度以及增加或减少计数密度对图像的影响、合适的采集格式与显示、合适的显示辉度、正确的病人准备与对位以及识别人为假像并检查图像质量。

1. 显像前一般准备

(1) 开始任何显像检查之前，必须认真阅读申请单，确保检查项目正确。

(2) 向病人询问并记录有关情况：包括病人年龄、性别、简单病史及症状、是否妊娠或哺乳期。

(3) 理解申请单的内容，显像将要解决什么问题，需要选择什么体位。

(4) 在注射放射性药物前特别要注意的关键问题是：仔细核对申请单项目、核对病人的正确性、确定女性病人没有怀孕。

(5) 关心病人是核医学技师的职责之一。包括使病人在检查过程中感到舒适、取得病人的合作和与病人的交流等。对于精神紧张的患者要帮助病人放松，消除顾虑。在显像开始和结束时都要告诉病人，以得到病人配合，对于危重病人和小孩更应特别注意。为了减轻小孩的恐惧，采集前位图像时，取俯卧位，而探头放在床下。显像时，应除去病人身上的金属物，以免干扰图像。

(6) 核查申请单的要点：①病人姓名及申请的显像方式；②病人的年龄及性别；③是否有病史，若有，症状有哪些？并补充必要的病史；④为何医师要申请此项目？⑤你可能发现或排除什么？

2. 显像条件的选择

(1) 显像剂的选择：①可靠的显像性能：要求标记方便、血清除快、进入靶器官的时间早、靶器官与非靶器官的放射性比值高以及稳定性好。②合适的射线能量：能量太高会使空间分辨率降低，能量太低则灵敏度下降，也不易保证稳定的分辨率，且容易被组织或骨骼所吸收，对深部病变的显像发生困难。显像最适宜的 γ 射线能量为 100～250keV，如^{99m}Tc 发射的 γ 射线能量为 140keV，最适合显像使用。而对于 PET 则必须使用能量为 511keV 的一对 γ 光子。③适度的放射性活度和放射性浓度，放射化学纯度要高。放射性活度大可减少测量误差，但小病灶易被掩盖，并加大了患者不必要的辐射负担。然而，在受检脏器功能不良时，显像剂的浓聚下降，需适当加大显像剂的用量以提高图像的清晰度和分辨率。放射性浓度和比活度越高，则进入体内显像剂的化学量和体积就越小，可减少机体的不良反应和提高弹丸注射的成功率。显像剂的放射化学纯度越高，图像的质量就越高，显像的效果就越好。

(2) 准直器的选择：各类准直器在很大程度上决定着图像质量，因此是 γ 照相机一个很重要的组成部分。准直器的正确选择又是获得最佳图像的必要条件之一。准直器的种类主要有低能通用型、低能高分辨型、低能高灵敏型、中能通用型、高能通用型、低能扩散型、中能扩散型以及低能针孔型。其选择主要考虑以下五个方面的因素：显像剂发射的主要 γ 射线能量，如^{99m}Tc 和¹²³I 常选用低能型准直器，¹³¹I 则选用高能型准直器。在平行孔准直器，孔径越大，灵敏度越好，而分辨率越差。决定平行孔准直器分辨

率和灵敏度的参数是孔径、有效孔深、孔间壁厚度、形状以及放射源与准直器的距离。针孔准直器适合于较小器官的显像，可以明显改善其分辨率。一般来说，放大倍数越高，其分辨率和灵敏度也越高，但前提是靶器官必须位于探头视野内。

(3) 显像时间：根据显像剂在体内转归的特点选择最佳显像时间，特别是动态功能显像时更为重要，否则会失去许多重要的信息影响临床分析判断。一般显像剂在体内运转速度较快者，采集的时间间隔应短，速度也相应快；而运转较慢时，则采集的速度要求慢，间隔延长。临床上，肾动态显像常每 30~60s 采集 1 帧图像，肝胆动态显像应根据情况每 5~15min 采集 1 帧，脑脊液间隙显像可在注射后 5、15、30、60min 及 3、6、24h 显像，各器官的血流显像应在注射显像剂后以每 1~2s 采集 1 帧，心脏首次通过显像要求每 50ms 左右采集 1 帧图像。

(4) 显像体位：选择正确的体位以保证受检的脏器和组织尽可能地暴露在检测的视野内，并能使病人感到舒适，在检查期间保持不动。尤其在心脑血管的检查时正确的体位有助于提高阳性率及病灶的定位。采集前位图像时，探头必须与病人平行呈水平，否则可能采集到斜位信息。探头必须尽可能靠近病人，并保证显像器官位于视野中心。探头距离越远，分辨率越低。

(5) 仪器的最佳条件选择：仪器是否处于最佳工作状态对于获得清晰、分辨率高、失真小的图像非常重要，显像检查前必须确定采集的矩阵，每帧采集的时间及计数等。一般情况下，在放射性活度足够时，对于静态采集来说，宜选用较大矩阵如 128×128 或 256×256 ；在动态采集时，为提高检测的灵敏度，宜选用较小矩阵如 64×64 的矩阵。

(6) 图像的一般评价：图像采集结束后，应检查图像上是否有“热区”或“冷区”。

图像上有“热区”出现：应排除沾有放射性的棉签、小便污染衣物或皮肤等，可以通过清洗皮肤、去除衣物后和改变体位重复显像等方法排除。

图像上有“冷区”出现：应排除产生冷区的因素。检查衣物中有无硬币、纪念章、皮带扣等物品；检查准直器两面无无损坏、仪器本身的均匀性情况等。

(四) 显像类型

1. 静态显像 显像剂在脏器组织和病变内达到分布平衡时所进行的显像称为静态显像。

2. 动态显像 显像剂引入人体后以一定速度连续或间断地多幅成像，用以显示显像剂随血流流经或灌注脏器、或被器官不断摄取与排泄、或在器官内反复充盈和射出等过程所造成的脏器内放射性在数量上或位置上随时间而发生的变化，这种显像就称为动态显像。

3. 局部显像 指显影范围仅限于身体某一部位或某一脏器的显像。

4. 全身显像 显像装置沿体表从头至脚作匀速移动，将采集全身各部位的放射性显示成为一帧影像称为全身显像。

5. 平面显像 放射性探测器置于体表的一定位置显示某脏器的影像为平面显像。

6. 断层显像 显像装置围绕体表作 180° 或 360° 自动旋转连续或间断采集多体位的平面信息，或利用环状排列的探测器获取脏器各个方位的信息，再由计算机特殊软件和快速阵列处理机重建各种断层影像，获得横断、冠状和矢状位或三维立体影像。心脏断

层显像则采用短轴、水平长轴和垂直长轴三个断面。

7. 早期显像 一般认为显像剂引入体内后 2h 内所进行的显像称为早期显像。

8. 延迟显像 显像剂注入体内 2h 以后所进行的显像称为延迟显像。

9. 阴性显像 正常脏器和组织细胞可选择性摄取某种放射性药物,能显示出该脏器和组织的形态和大小。而病灶区失去正常组织细胞的功能故常常不能摄取显像剂,呈现放射性分布稀释或缺损(即“冷区”),此种显像又称为冷区显像。

10. 阳性显像 病灶部位的放射性活度高于正常脏器组织的显像称为阳性显像,又称“热区”显像。

11. 介入显像 在常规显像的条件下,通过药物或生理刺激等方法,增加对某个脏器的功能刺激或负荷,观察脏器或组织对刺激的反应能力,以判断病变组织的血流灌注、储备功能情况,并增加正常组织与病变组织之间的放射性分布差别,提高显像诊断灵敏度的一类显像称为介入显像。

(五) 图像分析方法及要点

1. 静态图像分析要点

(1) 位置(平面):注意被检器官与解剖标志和邻近器官之间的关系,确定器官有无移位和反位。

(2) 形态大小:受检器官的外形和大小是否正常,轮廓是否清晰完整,边界是否清楚。

(3) 放射性分布:一般以受检器官的正常组织放射性分布为基准,比较判断病变组织的放射性分布是否增高或降低(稀疏)、正常或缺如。

2. 动态显像分析要点 在静态显像的分析基础上,确定显像的顺序和时相的变化。

(1) 显像顺序:是否符合正常的血运和功能状态,如心血管的动态显像应按正常的血液流向,即上腔静脉、右心房、右心室、肺、左心房、左心室及主动脉等途径依次显示影像。

(2) 时相变化:时相变化主要用于判断受检器官的功能状态,影像的出现或消失时间超出正常规律时,则提示被检器官或系统的功能异常。

3. 断层显像分析要点 正确掌握不同脏器和组织的断层方位以及各层面的正常所见,对各断层面的影像分别进行形态、大小和放射性分布及浓聚程度的分析。对于一般器官,横断面是自下而上获取横断层;矢状面是自右向左依次获取矢状断层影像;冠状面是自前向后依次获取冠状断层影像。对于心脏断层,由于心脏的长、短轴与躯干的长、短轴不一致,故心脏断层显像时常分别采用短轴、水平长轴和垂直长轴来表示,以示区别。

总之,在进行核医学影像分析时,不仅要密切联系生理、解剖学知识,还要结合临床所见才能正确的分析和评价图像。

(六) 图像质量的评价

1. 图像质量评价内容 一幅好的图像应具备影像轮廓完整、对比度适当、信息量足够、病灶显示清楚、解剖标志准确、图像失真度小等。

2. 常见的伪像及其原因 采集能量设置错误、金属物品引起的假像、衣物或皮肤放射性污染、错误的放射性药物和错误的准直器类型。对于可疑的热区,应通过除去疑

有污染的物品或清洗皮肤等再采集进行鉴别；如出现可疑的冷区，则需检查有否引起衰减的物品。

(七) 核医学影像与其他影像的比较

核素显像诊断与其它影像学诊断具有本质的区别，其成像取决于脏器或组织的血流、细胞功能、细胞数量、代谢活性和排泄引流情况等因素，而不是组织的密度变化，因此，是一种功能影像，虽然核医学影像也可显示其解剖形态学变化，但图像的解剖学分辨率差，其影像的清晰度主要由脏器或组织的功能状态决定，通常小于 1cm 的病灶难以被常规的 SPECT 显像发现，但 PET 的空间分辨率优于 SPECT，可以达到 4~5mm，新型用于小动物研究的 PET 甚至可达 1mm。而 CT、MRI 及超声显像主要是显示脏器或组织的解剖学形态变化，有时也显示其功能变化，其分辨率较高。核素显像与其它显像技术另一不同之处是不同脏器显像需应用不同的放射性药物，同一器官不同目的的显像需不同的显像剂，而 CT 和 MRI 只有平扫和增强之分，CT 增强主要是了解病灶区的血供，帮助鉴别病变性质。故核素显像从技术条件等方面比其它显像技术更为复杂。

将核医学的代谢或血流影像与 CT、MRI 的解剖学形态影像进行融合，借以判断病变组织的代谢或血流变化，有助于鉴别病灶的性质，称为“图像融合”，以弥补核医学影像分辨率及解剖定位能力差和解剖学影像不能显示其功能代谢变化的缺点。目前的图像融合技术分为同机图像融合和软件图像融合两种，前者主要包括 CT/PET 和 CT/SPECT 等，一次显像同时可以获得 CT 解剖影像和 ECT 功能、代谢或血流影像，CT 主要发挥解剖定位功能，因此大大改善核医学影像的质量，尤其是 CT/PET 的应用是医学影像技术新的里程碑。而软件图像融合技术则是将 CT 或 MR 图像通过网络或光盘等储存介质传输到 ECT 的图像处理工作站，将解剖影像与功能影像融合在一起进行分析，其精确性不如同机融合。

随着核医学显像技术的进一步发展，受体显像、代谢显像以及反义核苷酸基因显像等技术的应用，在核医学领域中又形成了分子核医学的概念。目前的分子核医学的内容主要包括放射性核素受体显像、代谢显像、多肽类放射性药物显像、重组单克隆抗体放射免疫显像以及基因显像等。这些显像技术的发展，使得核医学显像将可能逐步向“分子影像”领域转变，所谓“分子影像”就是反映脏器或组织生理与生化水平变化的影像，为疾病的诊断提供分子水平的功能信息。

第二章 核物理基础

第一节 原子核

一、组成和表示方法

原子核由质子和中子组成，质子和中子统称核子。质子带一个单位的正电荷；中子为电中性，不带电荷。

原子核的表示方法为： ${}_Z^AX_N$

其中 X：元素符号；

Z：原子序数，核内质子数，中性原子的轨道电子数；

A：原子核的质量数，即核内的核子数；

N：核内中子数。

简化表示法：因为元素符号即代表了原子序数且 $N=A-Z$ ，可简化表示为 AX 。

如： ${}_{53}^{131}\text{I}_{78}$ 可表示为 ${}^{131}\text{I}$ 。

二、核素及其分类

核素：具有特定的质子数、中子数及核能态的一类原子称为核素。

同位素：具有同样的原子序数，但质量数不同的核素称为同位素。

同质异能素：具有相同的质量数和原子序数，但核能态不同的一类核素称为同质异能素。处于激发态的同质异能素用元素质量数 A 后面加字母 m 来表示，如 ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。

第二节 核的衰变及其方式

衰变是不稳定的核素通过发射粒子或光子、放出核能成为另一种核素的过程。衰变前的不稳定核称为母核；衰变产生的核称为子核。一种核素是否衰变，与其核结构和核能态有关。质子或中子过多的核，有放出多余的质子和中子，或使质子和中子相互转换的趋势，而处于较高能态的核也有向较低核能态转换的趋势。因此，核衰变是由原子核内部因素决定的，不受核外因素的影响。这称为核衰变的自发性。

一、 α 衰变

核衰变时放出 α 粒子的衰变称为 α 衰变。经 α 衰变后的核素，质量数减少 4，原子序数减少 2，放出的 α 粒子实质是氦核。