

全国卫生专业技术资格考试专家委员会 | 编写

2012

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

2012

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]

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, 2011. 12

(2012 全国卫生专业技术资格考试指导)

ISBN 978-7-117-15095-8

I. ①核… II. ①全… III. ①核医学-医药卫生
人员-资格考试-自学参考资料 IV. ①R81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 232950 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医 师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次内封贴有防伪标。请注意识别。

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 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 保定市中画美凯印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19

字 数: 483 千字

版 次: 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-15095-8/R · 15096

定 价: 56.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

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 2011 年度卫生专业技术资格考试有关问题的通知》(人社厅发[2010]110 号)文件精神,自 2011 年度起卫生专业技术资格考试新增神经电生理(脑电图)技术(中级)和神经电生理(脑电图)技术(初级师)两个专业,卫生专业初中级技术资格考试专业增加至 117 个。其中,全科医学、临床医学等 65 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 52 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《2012 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,基本将考试中“基础知识”、“相关专业知识”、“专业知识”和“专业实践能力”四个科目的要求按学科系统综合在一起,具体划分详见考试大纲。

“基础知识”:主要包括总论、核物理基础、核医学仪器、放射性药物和放射卫生防护等内容。

“相关专业知识”:主要包括核医学相关法律法规,神经系统、循环系统、消化系统、呼吸系统、泌尿生殖系统、内分泌系统、骨骼系统的解剖与生理基础等内容。

“专业知识”:主要包括核医学成像参数选取原则、图像采集方式、核医学设备与成像的质量控制,神经系统、循环系统、消化系统、呼吸系统、泌尿生殖系统、内分泌系统、血液淋巴系统、骨骼系统、肿瘤和炎症的显像技术等内容。

“专业实践能力”:主要内容为第九章至第二十章的实际应用,例如病例分析和影像分析。

欢迎广大考生和专业人士来信交流学习:zgks2009@163.com。

目 录

第一章 核医学总论	1
第一节 核医学的定义与内容.....	1
第二节 放射性核素示踪技术.....	2
第三节 放射性核素显像技术.....	4
第四节 核医学相关法规	10
第二章 核医学物理基础	16
第一节 原子核	16
第二节 放射性核素	17
第三节 原子核的放射衰变	18
第四节 射线与物质的相互作用	23
第五节 电离辐射的度量	26
第三章 核医学仪器设备	31
第一节 核医学仪器设备分类	31
第二节 活度计	33
第三节 放射防护仪器	34
第四节 SPECT 与 γ 相机.....	35
第五节 X 线 CT	42
第六节 SPECT/CT	52
第七节 PET	52
第八节 兼容型 ECT——SPECT/PET	62
第九节 PET/CT	64
第十节 回旋加速器	65
第十一节 非显像测量仪器	69
第十二节 局域网	70
第四章 放射性药物	74
第一节 放射性药物的定义、分类与特点.....	74
第二节 放射性药物的体内定位机制	75
第三节 放射性药物的制备	76
第四节 放射性药物的质量保证与质量控制	80

第五节 放射性药物的正确使用、不良反应及其防治	82
第六节 临床常用的放射性药物	83
第五章 核医学放射防护	88
第一节 辐射的生物效应	88
第二节 放射防护的标准与原则	89
第三节 核医学工作场所	91
第四节 核医学工作中的防护	92
第五节 放射性废物处理	97
第六章 成像参数选取原则	99
第一节 准直器	99
第二节 采集参数	100
第三节 图像重建参数	101
第七章 图像采集方式	103
第一节 静态采集	103
第二节 动态采集	104
第三节 断层采集	106
第四节 门控采集	107
第五节 表模采集	108
第八章 核医学设备与成像的质量控制	109
第一节 性能指标测试步骤与标准	109
第二节 常规维护与预防性质量控制	117
第三节 质量控制频度	122
第九章 神经系统	125
第一节 脑的解剖与生理	125
第二节 脑灌注显像	127
第三节 ^{18}F -FDG PET 脑代谢显像	133
第四节 脑受体显像	135
第十章 循环系统	139
第一节 心脏解剖和生理	139
第二节 核素心血池显像	140
第三节 心肌灌注显像	144
第四节 心肌受体显像	147
第五节 负荷试验	148
第六节 ^{18}F -FDG 心肌葡萄糖代谢显像	151
第十一章 消化系统	154
第一节 消化系统解剖与生理	154
第二节 食管通过显像	155
第三节 胃食管反流显像	156

第四节	胃排空显像·····	158
第五节	十二指肠-胃反流显像 ·····	159
第六节	小肠通过时间测定·····	160
第七节	消化道出血显像·····	162
第八节	异位胃黏膜显像·····	163
第九节	肝胆动态显像·····	165
第十节	肝血流灌注和肝血池显像·····	166
第十一节	肝胶体显像·····	168
第十二节	尿素呼吸试验诊断幽门螺杆菌感染·····	169
第十二章	呼吸系统 ·····	171
第一节	解剖与生理概述·····	171
第二节	肺灌注显像·····	175
第三节	肺通气显像·····	178
第四节	双下肢深静脉显像·····	179
第十三章	泌尿系统 ·····	183
第一节	肾脏的解剖和生理·····	183
第二节	肾静态显像·····	183
第三节	肾动态显像·····	184
第四节	肾图·····	186
第五节	肾小球滤过率(GFR)测定 ·····	187
第六节	肾有效血浆流量(ERPF)测定 ·····	188
第七节	肾功能检查介入试验·····	189
第十四章	内分泌系统 ·····	191
第一节	解剖与生理基础·····	191
第二节	甲状腺静态显像·····	192
第三节	甲状腺血流显像·····	193
第四节	甲状腺碘代谢试验·····	194
第五节	甲状旁腺显像·····	196
第六节	甲状腺癌转移灶显像·····	198
第七节	肾上腺显像·····	202
第八节	肾上腺髓质显像·····	204
第十五章	血液与淋巴系统 ·····	206
第一节	骨髓显像·····	206
第二节	淋巴显像·····	208
第三节	脾脏显像·····	211
第十六章	骨骼系统 ·····	214
第一节	解剖与生理基础·····	214
第二节	全身骨显像·····	214

第三节	骨断层显像·····	216
第四节	三相骨显像·····	217
第五节	骨关节与骨局部显像·····	219
第十七章	肿瘤显像·····	221
第一节	^{18}F -FDG PET(PET/CT)肿瘤显像·····	221
第二节	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 和 ^{201}Tl 肿瘤显像·····	225
第三节	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (V)-DMSA 肿瘤阳性显像·····	227
第四节	^{67}Ga 肿瘤显像·····	228
第五节	放射免疫显像·····	230
第十八章	炎症显像·····	232
第一节	放射性核素标记白细胞显像·····	232
第二节	^{67}Ga 炎症显像·····	234
第三节	标记人非特异性 IgG 显像·····	235
第四节	抗人粒细胞单克隆抗体显像(AGAB)·····	236
第十九章	体外放射分析·····	238
第一节	基本类型·····	238
第二节	基本原理及特点·····	238
第三节	体外放射分析的基本技术要求·····	241
第四节	体外放射分析的质量控制·····	245
第五节	非放射标记免疫分析·····	246
第六节	体外放射分析的常用指标及临床意义·····	249
第二十章	放射性核素治疗·····	256
第一节	放射性核素治疗原理·····	256
第二节	放射性核素治疗的管理·····	257
第三节	甲状腺疾病的 ^{131}I 治疗·····	259
第四节	肿瘤的放射性核素治疗·····	263
第五节	增生性血液疾病的 ^{32}P 治疗·····	268
第六节	皮肤病的放射性核素敷贴治疗·····	269
核医学技术考试大纲·····		271

第一章 核医学总论

第一节 核医学的定义与内容

一、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。

二、内 容

核医学以其应用和研究的范围侧重点不同,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、放射自显影及磷屏成像系统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。

三、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 首先应用氩研究循环时间,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,被誉为“临床核医学之父”。化学家 Hevesy,最早将放射性核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,被誉为“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,美国科学家 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,因此于1977年获得了诺贝尔生理学或医学奖。20世纪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;体外放射分析技术的普及应用。

第二节 放射性核素示踪技术

一、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。

二、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,一般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。

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、实验方法的不同,选择适当的放射性核素和标记化合物。

三、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 $10^{-18}\sim 10^{-14}\text{g}$ 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。这也是为什么在当前众多的分子影像中核医学分子影像是最成熟的技术之所在。

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他物理和化学因素(如温度、pH值等)的影响,同时放射性测量不受反应体系中其他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。如应用核素显像技术不仅可以动态地观察机体内物质的代谢分布,配备有CT或MR的SPECT或PET还能对病灶进行精确定位。放射自显影技术以及磷屏成像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。

四、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地释放出射线，而利用探测仪器可以对其精确定位、定性和定量。

五、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度和放射性核素纯度。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。

六、示踪技术的主要类型及应用

1. 核素稀释法 其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。

第三节 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制

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，避免人为假象、不正确标记及其他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、正确的患者准备与对位以及识别人为假象并检查图像质量。

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)向患者询问并记录有关情况:包括患者年龄、性别、简单病史及症状、是否妊娠或哺乳。

(3)理解申请单的内容,显像将要解决什么临床问题,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、核对患者姓名的正确性、确定女性患者没有怀孕。

(5)关心患者是核医学技师的职责之一。包括使患者在检查过程中感到舒适、取得患者的合作和与患者的交流等。对于精神紧张者,要帮助其放松,消除顾虑。在显像开始和结束时,都要告诉患者检查已经开始或者结束,以得到患者配合。对于危重患者和小孩,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,应除去患者身上的金属物,以免干扰图像。

(6)核查申请单的要点:

1)患者姓名及申请的显像方式。

2)患者的年龄及性别。

3)病史记录是否完整,主要症状有哪些?并补充完善必要的病史资料。

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。SPECT和 γ 照相机显像最适宜的 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则必须使用发射正电子的核素及其探测能量为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。

其准直器选择主要考虑以下五个方面的因素:①显像剂发射的主要 γ 射线能量,如 ^{99m}Tc 和 ^{123}I 常选用低能型准直器, ^{131}I 则选用高能型准直器;②在平行孔准直器,孔径越大,灵敏度越好,而分辨率越差;③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;④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;

⑤一般来说,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,采集肾动脉灌注相时一般1~2秒采集1帧,肾动态显像常每30~60秒采集1帧图像,肝胆动态显像应根据情况每5~15分钟采集1帧,脑脊液间隙显像可在注射后5、15、30、60分钟及3、6、24小时显像,各器官的血流显像应在注射显像剂后以每1~2秒采集1帧,心脏首次通过显像要求每50毫秒左右采集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,并能使患者感到舒适,在检查期间保持不动。尤其在心、脑的检查时,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,探头必须与患者平行,否则可能采集到斜位信息。探头必须尽可能靠近患者,但又保持对患者安全的距离,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。应用PET/CT和SPECT/CT显像时,还需根据不同仪器选择合适的CT扫描电流、电压以及扫描层厚等。

(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”。

1)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。

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

(7)图像的标志:采集图像和处理图像时都要注意在图像的合适位置标明采集的体位、时间、方式及解剖标志等信息,为分析图像时作参考。

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做匀速移动,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 显像装置围绕体表做 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2小时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 2 小时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):注意受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。必要时,可采用勾画感兴趣区进行半定量分析,计算病变组织与周围正常组织或对称部位的放射性摄取比值,协助定性判断或用于某些疾病的疗效评价等。

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面;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地分析和评价图像。

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. 常见的假象及其原因 采集能量设置错误、金属物品引起的假象、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以及显像仪器本身的均匀性等。

七、SPECT/CT、PET/CT 及图像融合技术的应用

1. SPECT/CT 显像 当前较先进的 SPECT 系统大多配备有 CT 装置,称为 SPECT/CT。SPECT/CT 上的 CT 档次有高有低,有些只能用于解剖定位和衰减校正用,但配备较好的 CT 也可作为诊断 CT 使用,但是多数一般仅用于解剖定位、图像衰减校正和图像融合,不用于 CT 诊断。进行 SPECT/CT 显像时,通常需先行 CT 透射扫描,然后进行发射扫描,CT 扫描的信息除了用于解剖定位外,还可用于发射图像的衰减校正和图像融合。SPECT/CT 显像与普通 SPECT 显像不同的是,应根据仪器推荐的来选择合适的 CT 扫描条件,包括合适的扫描电压、电流、断层的层厚等。

2. PET/CT 显像 近年推向市场的 PET/CT 均配备有 4~64 排不等的螺旋 CT 装置,CT 可以单独作为诊断 CT 使用。PET/CT 显像时需先进行 CT 球管预热、校正,然后进行 PET 空扫,观察图像是否均匀,进行 PET 校正,机器完全正常时才能检查患者。检查时,先以 CT Scout 扫描图对扫描部位定位后行 CT 扫描,再行 PET 扫描。¹⁸F-FDG PET 显像时,一般于注射显像剂后 50~60 分钟开始显像,一般全身扫描的范围为 5~7 个床位,根据不同仪器和使用显像剂剂量不同,一般每个床位采集 3~4 分钟左右;必要时,在注入显像剂后 2.5~3 小时行局部延迟显像。采集结束后,按推荐条件进行图像断层重建处理与融合。

3. 图像融合技术 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叠加处理,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”。图像融合技术有助于弥补核医学影像分辨率及解剖定位能力差,而解剖学影像不能常规显示其功能代谢变化的缺点。目前,使用的 PET/CT 和 SPECT/CT 获得的图像均采用同机图像融合技术,一次显像同时可以获得 CT 解剖影像和核医学的功能、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 PET/CT 的应用是医学影像技术新的里程碑。PET/MR 目前还未问世,尚处于研制阶段。

八、核医学影像与其他影像的比较

(一)X 线成像原理

X 线之所以能使人体组织在屏幕上或胶片上形成影像,一是基于 X 线的穿透性、荧光效应和感光效应;二是基于人体组织之间有密度和厚度的差别;三是 X 线透过人体不同组织结构时,被吸收的程度不同,因此到达屏幕或胶片上的剩余 X 线量亦有差异,从而在屏幕或胶片上形成明暗或黑白对比不同的影像。

(二)CT 成像原理及特点

CT 是“计算机断层摄影术(computed tomography)”的英文简称,是从 1895 年伦琴发现 X 线以来在 X 线诊断方面的最大突破,是近代飞速发展的电子计算机控制技术和 X 线检查摄影技术相结合的产物。

CT 是用 X 线束对人体检查部位以一定厚度的层面进行扫描,当 X 线射向人体组织时,部分射线被组织吸收,还有部分射线则穿过人体被探测器接收,产生信号。由于人体各种组织的疏密程度不同,X 线的穿透能力也不同,所以探测器接收到的射线强弱就有了差异。由探测器接收透过该层面的 X 线,转变为可见光后,由光电转换器转变为电信号,再经模拟/数字转换器转为数字,输入计算机进行断层重建处理,获得 CT 图像。CT 图像是由一定数目从黑到白不同灰度的像素按矩阵排列所构成,不同的灰度反映器官和组织对 X 线的吸收程度,与 X 线

图像一样,黑影表示低吸收区,即低密度区,如肺部;白影表示高吸收区,即高密度区,如骨骼等。这些像素反映的是相应体素的 X 线吸收系数,像素越小,数目越多,构成的图像越细致,即分辨力越高。

在实际工作中,不用吸收系数来进行 CT 的定量,而是换算成 CT 值,用 CT 值说明密度。单位为 Hu(Hounsfield unit)。水的吸收系数为 10,CT 值定为 0Hu;人体中密度最高的骨皮质吸收系数最高,CT 值定为+1000Hu;而空气密度最低,定为-1000Hu。人体中密度不同和各种组织的 CT 值则居于-1000~+1000Hu 的 2000 个分度之间。人体不同组织的 CT 值(Hu),如脂肪为 -90 ± 10 ,凝固血为 80 ± 10 ,脑灰质为 40 ± 10 ,甲状腺为 70 ± 10 ,肝、脾、胰、肾依次递减。在进行 CT 检查时,常用的层面厚度在 1~10mm 间,较薄的切片能获得较准确的资料。

(三)MRI 显像

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是通过对主磁体内静磁场(即外磁场)中的人体施加某种特定频率的射频脉冲,使人体组织的氢核(即质子)受到激励而发生磁共振现象;当终止射频脉冲后,质子在弛豫过程中感应出 MR 信号;经过对该信号的接收、空间编码和图像重建等处理过程,产生 MR 图像。人体内氢核丰富,用它进行 MR 成像效果好。MRI 的成像参数主要包括 T_1 、 T_2 和质子密度等。MRI 的优点是图像清晰,解剖分辨率高,而且可以进行功能成像,甚至分子功能成像。

T_1 和 T_2 是组织在一定时间间隔内接受一系列脉冲后的物理变化特性,不同组织有不同的 T_1 和 T_2 ,它取决于组织内氢质子对磁场施加的射频脉冲的反应。通过设定 MRI 的成像参数(TR 和 TE),TR 是重复时间(即射频脉冲的间隔时间),TE 是回波时间(即从施加射频脉冲到接受到信号的时间),TR 和 TE 的单位均为毫秒(ms),可以做出分别代表组织 T_1 或 T_2 特性的图像(T_1 加权像或 T_2 加权像;通过成像参数的设定也可以做出既有 T_1 特性又有 T_2 特性的图像,称为质子密度加权像)。

注: T_1 加权像采用短 TR(300~1000 毫秒)和短 TE(10~30 毫秒)时间,它能清晰显示解剖细节。而 T_2 加权像采用长 TR(1800~2500 毫秒)和长 TE(40~90 毫秒)时间,对检出水肿很敏感。TR 和 TE 值一般均打印在 MR 片的一角,可以据此判断是 T_1 还是 T_2 加权像。

(四)超声显像

超声是指频率超过人耳听觉范围(即大于 20 000Hz)的声波,属于机械波。超声波有 3 个基本物理量,即频率、波长和声速,它们的关系是:声速=频率×波长,或波长=声速/频率。能传播声波的物质称介质。频率不同的声波在同一介质的传播速度是基本相同的,声波在人体软组织中的声速差别很小,通常为 1540m/s。临床上常用的超声频率在 2~10MHz 之间。人体软组织的声阻抗差异很小,但只要有 1/1000 的声阻抗差,就会产生反射回波,故利用这一特性来显示不同组织界面、轮廓,分辨其相对密度。

超声显像仪分为很多种类型。主要的类型有 A、B、C、F、M 和彩色多普勒超声等,目前以 B 型超声、M 型超声和彩色多普勒超声最常用。

A 型超声波诊断仪是幅度调制型,是超声技术应用于医学诊断中最早、最基本的方式,是通过分析回波幅度的分布获得组织的特征信息,目前已被其他超声方式取代。

B 型超声波诊断仪为辉度调制型,其原理与 A 型相同,但将幅度调制显示改为辉度调制显示,将放大后的回声脉冲电信号送到显示器的阴极(或控制栅上),使显示的亮度随信号大小变化,医生是根据声像图所得之人体信息诊断疾病,而不是像 A 型超声是根据波型所反映的人体信息诊断疾病。B 型超声是将从人体反射回来的回波信号以光点形式组成切面图像,其