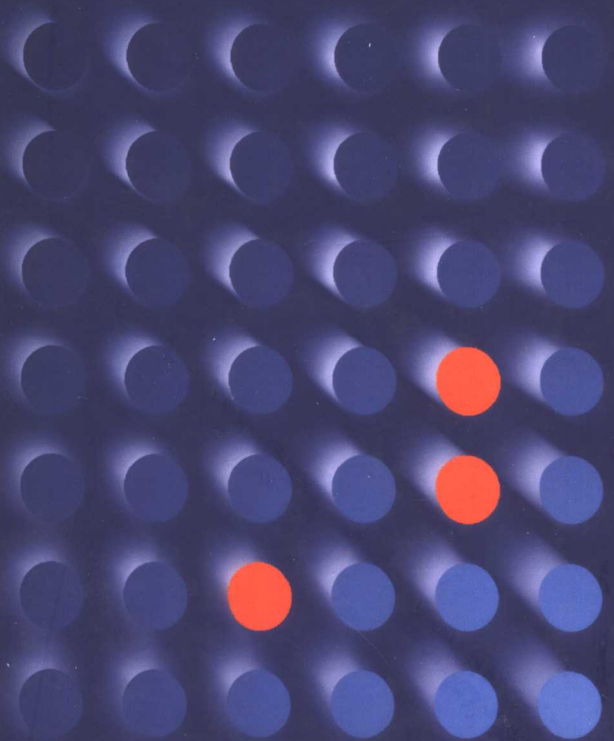




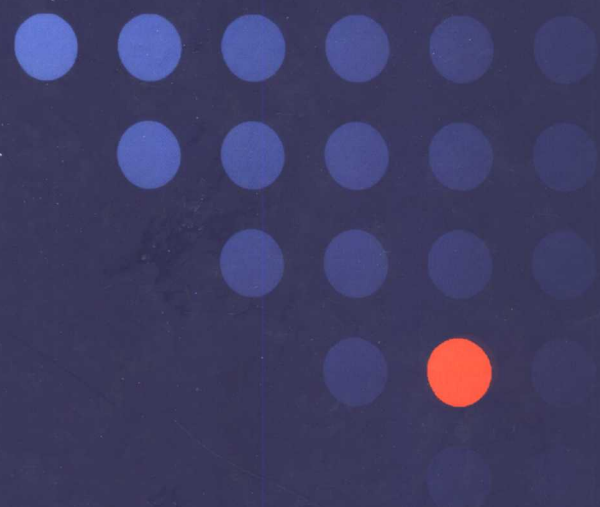
第2版

主编 谭天秩

临床核医学



人民卫生出版社



临床核医学

第2版

主 编 谭天秩



人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

临床核医学/谭天秩主编. —2版. —北京:
人民卫生出版社, 2003. 6

ISBN 7-117-05536-7

I. 临... II. 谭... III. 原子医学 IV. R81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 045363 号

临 床 核 医 学
第 2 版

主 编: 谭天秩

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>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 86.25 插页: 4

字 数: 1981 千字

版 次: 1993 年 11 月第 1 版 2003 年 9 月第 2 版第 2 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-05536-7/R·5537

定 价: 150.00 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)

参加编写人员

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|----------------|
| 于 南 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 王全林 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 邓候富 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 叶维新 | 华中科技大学同济医院 |
| 刘袭君 | 四川大学基础医学和法医学学院 |
| 匡安仁 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 李 林 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 李进前 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 周绿漪 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 范光灿 | 山西医科大学 |
| 秦卫仕 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 莫廷树 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 张书琴 | 四川大学基础医学和法医学学院 |
| 张锡英 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 梁正路 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 管昌田 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 谭天秩 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 潘明志 | 四川大学华西医院核医学科 |
| 柴 力 | 四川大学华西医院核医学科 |

序 言

本书是受人民卫生出版社的委托和应广大核医学工作者的要求，在 1993 年出版的《临床核医学》第一版的基础上，编写的第二版。

从 20 世纪 90 年代到 21 世纪初，国内外核医学发生了巨大的变化。分子核医学不仅已呈蓬勃发展之势，而且已融会在科学研究和临床实践中。大力开展放射性核素治疗已成为全面发展核医学的必由之路。我们在这些方面的大量科学研究和临床实践理应在本书得到充分的体现，这也是编写第二版的指导思想。分子核医学未列专门的章节，而是贯穿在各章节中。放射性核素治疗专列一章，详加讨论。

本书由四川大学华西医院核医学科，从事核医学工作 15 年以上，具有副教授以上职称的人员，分工编写的。编写分阶段进行：首先集体讨论编写计划和提纲，分别由指定人员完成初稿的编写；由 2~3 人交叉审改；然后集体讨论提出意见；编写者修改后交主编；主编再审改后定稿。

本书共二十三章，前八章为总论部分。第一、二、三、四章大部分为全新内容，并将第一版的核医学计算机系统重新编写列入本书的第三章。第五、六、七、八章也有较大的修改。各论中新增加急症核医学、放射性核素治疗、受体核医学和放射免疫显像及治疗等四章，其余章节大多为重新编写和少数有较大修改。

本书编写过程中，我科全体同志满腔热情，积极支持和奉献，默默无闻地作了大量的工作。柴力同志日日夜夜在制图、编排、打字输入、制盘等方面，付出了极为辛勤的劳动，在此一并致以深深的谢意。

国内外核医学的差距是客观存在的事实，兼之限于我们的水平和能力，本书不可避免地会存在着缺点甚至错误，还望同道们批评指正。

谭天秩

2003. 3. 9

图9-3-9 正常各方位 ^{99m}Tc -HMPAO 断层图像

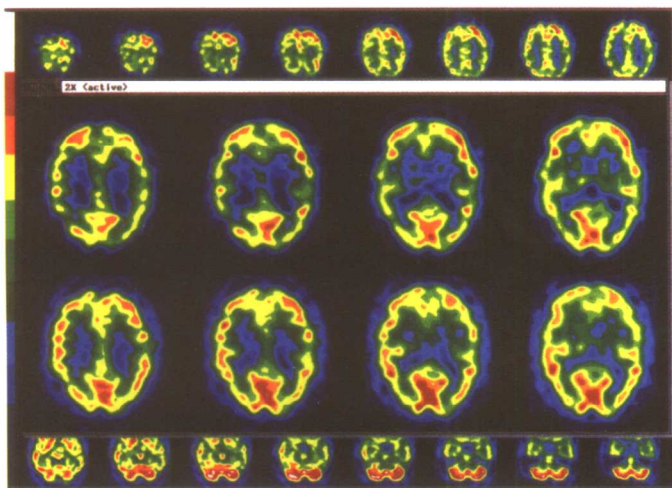
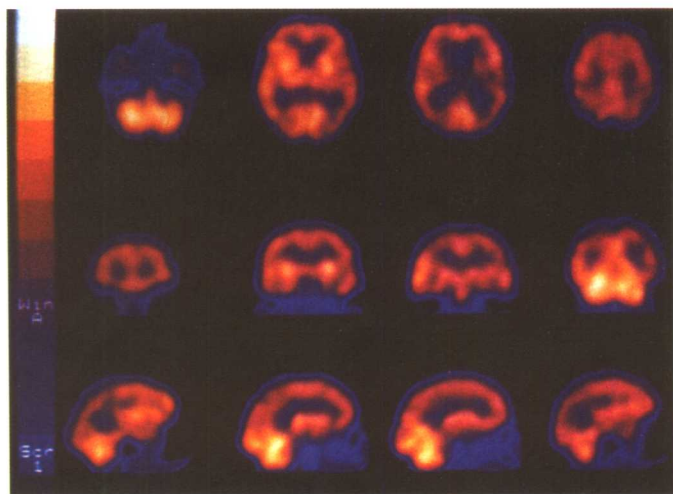
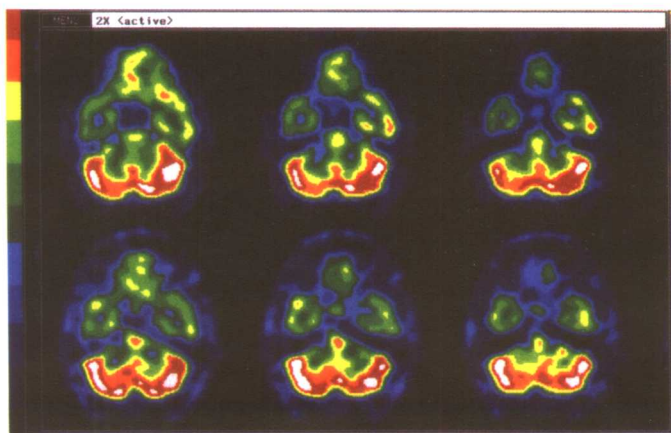


图9-3-11 65岁男性TIA患者
 ^{99m}Tc -ECD 显像

图9-3-13 癫痫患者与正常
对照脑显像图



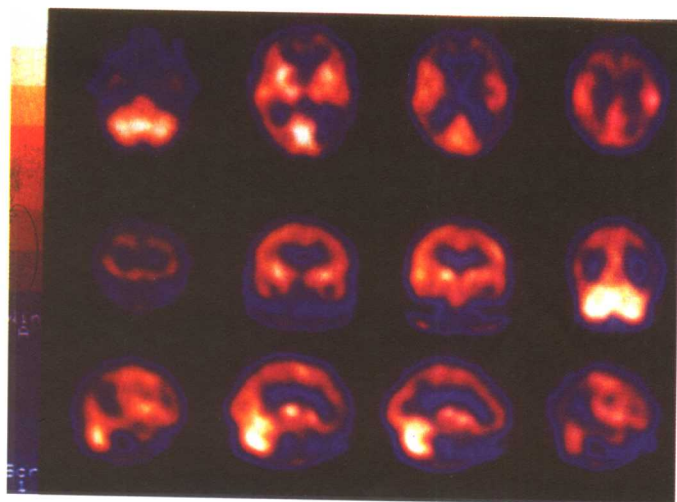


图9-3-14 早老性痴呆显像
图额、顶、颞和部分枕叶均
为充盈缺损，病变范围较大，
脑室明显扩大，仅见脑表
面少许示踪剂分布

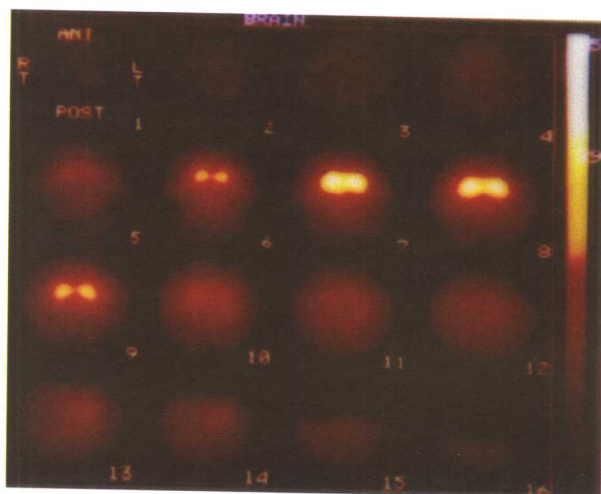


图9-5-6 注射 ^{131}I - β -CIT后
20小时的正常图像

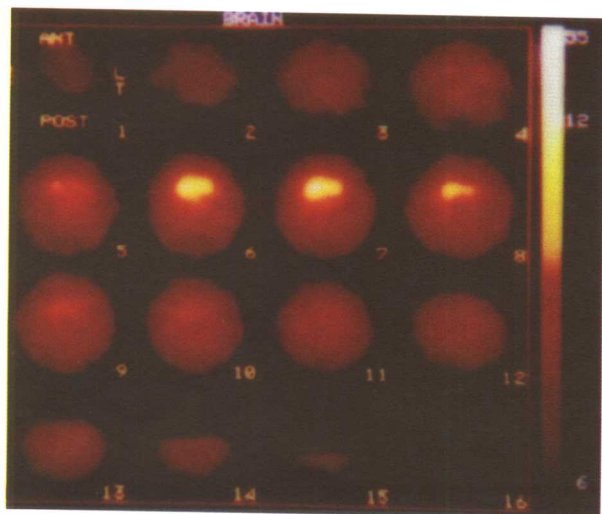


图9-5-7 IPD 患者注射 ^{131}I - β -CIT
后26h的显像，纹状体放射性较正常
降低，以右侧（症状对侧）更明显

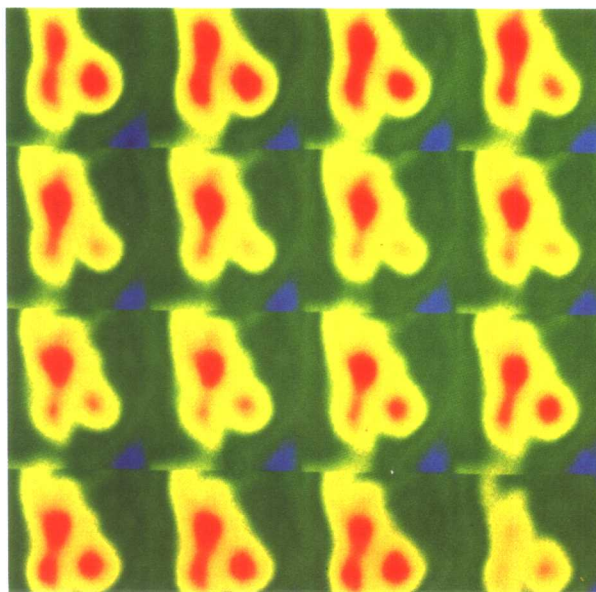


图10-2-3 门电路心血池动态显像的系列影像

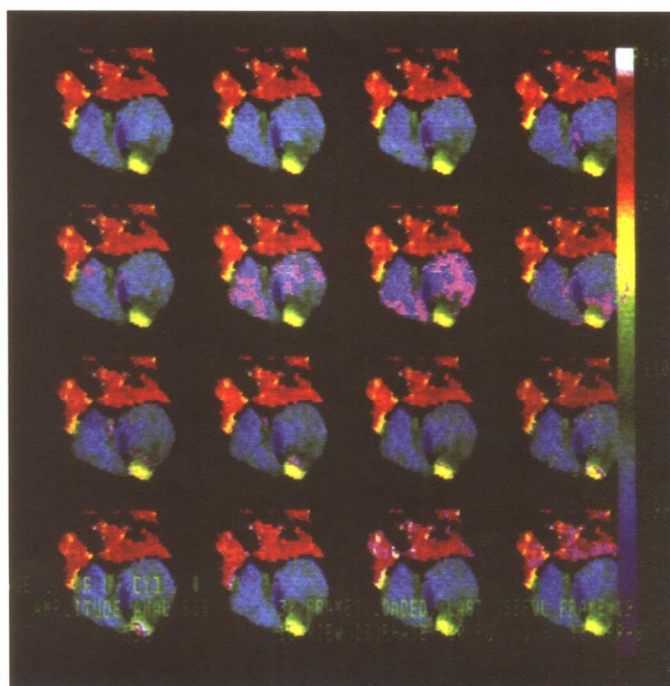


图10-3-3 相位电影图

第2排第2~4帧心室影中的黑点代表心肌的兴奋点

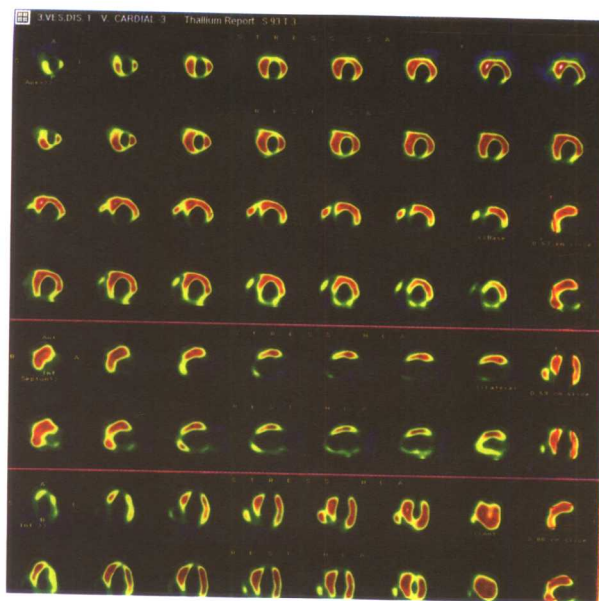


图10-5-12 心肌灌注显像中的再分布影像



图14-1-46 腹主动脉、移植肾及其远端的
髂动脉及本底 ROIs 的框出

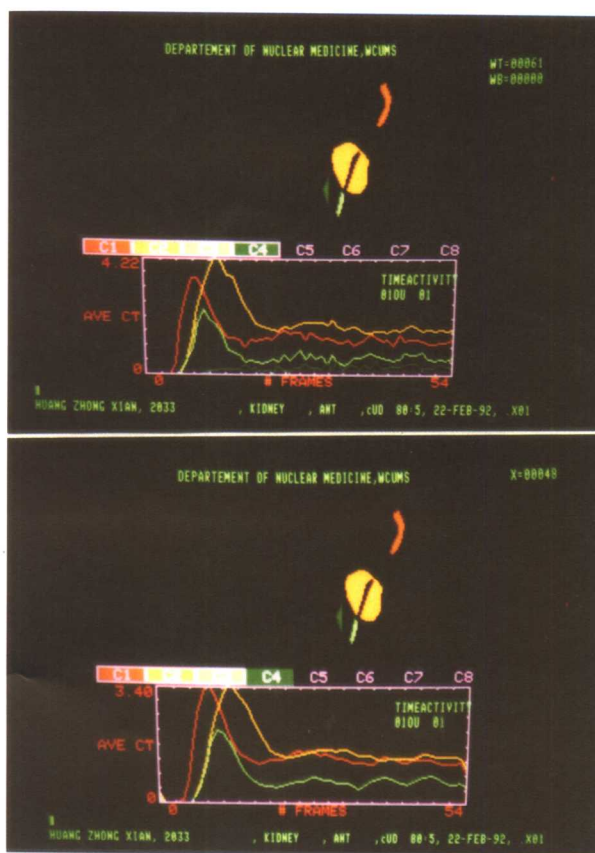


图 14-1-47 上图示 ROIs 的 TAC，下图示平滑后的各 TAC

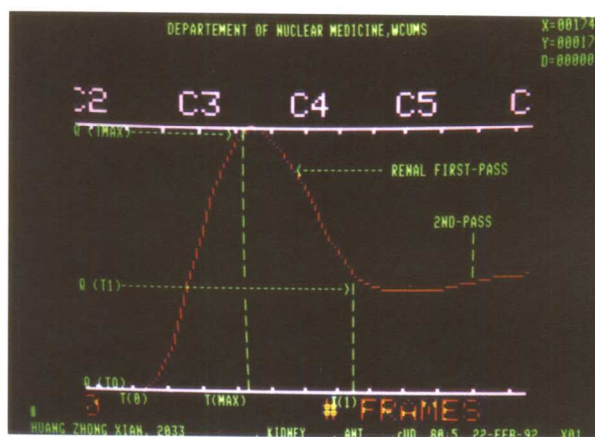


图 14-1-48 移植肾首次通过的 TAC

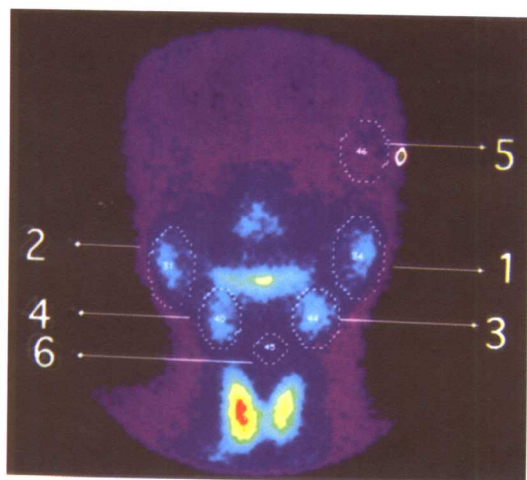


图 17-1-1 唾液腺显像 ROI 区框画示意图
1 和 2 区为腮腺；3 和 4 区为颌下腺；5 区及 6 区
各自为腮腺及颌下腺的本底区

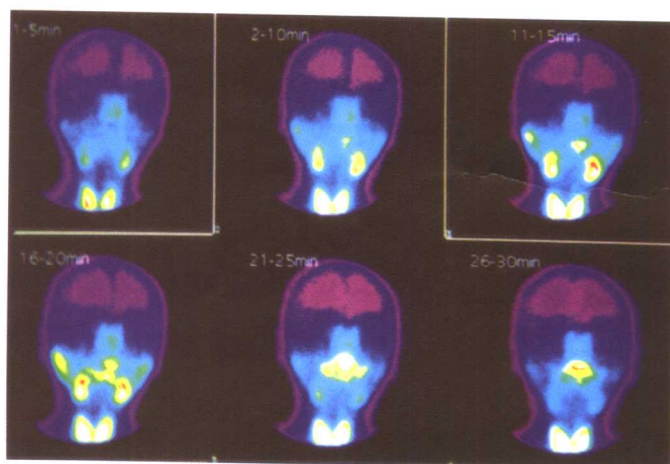


图 17-1-3 正常唾液腺
 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 显像

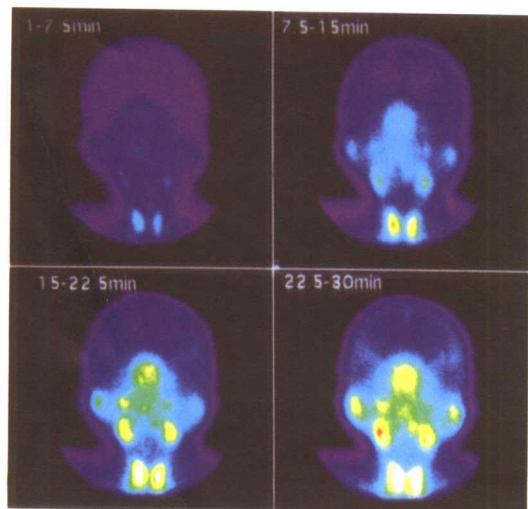


图 17-1-4 Sjögren's 综合征
的唾液腺显像

图 20-1-3 基底节血肿。同侧丘脑、小脑，额叶，顶叶和颞叶的放射性均较对侧为低

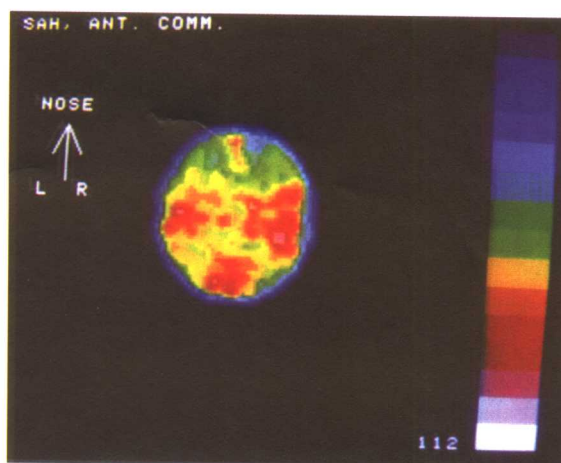
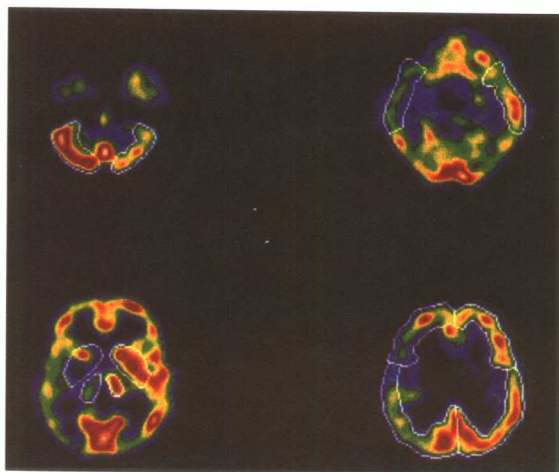
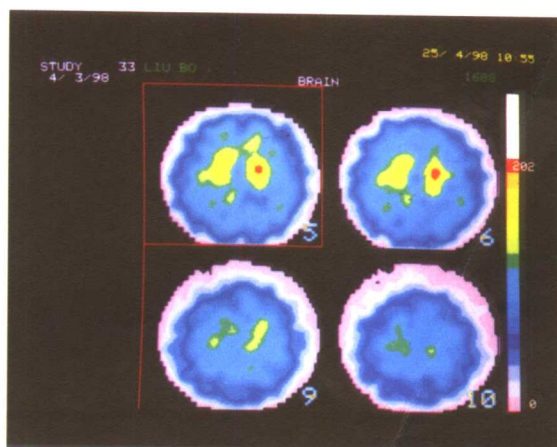


图 20-1-4 蛛网膜下腔出血后 1 周见到双侧大脑前动脉分布区的灌注减低。血管痉挛产生缺血的消失与神经损害的恢复则要经历几月的时间

图 21-1-1 男性 22 岁，重型精神病，多巴胺 D_2 受体显像见双侧放射性分布不对称（左 / 右 = 1.3）



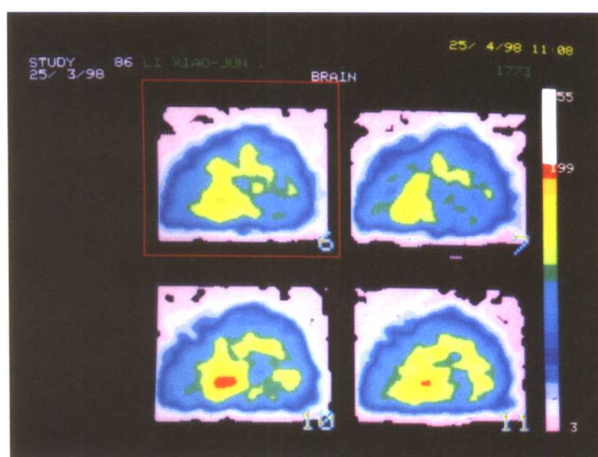


图 21-1-2 男性 26 岁，强迫症，多巴胺 D_2 受体
显像见双侧放射性不对称（左/右 = 1.1）
双侧纹状体上方的扣带回有一
异常放射性增高区

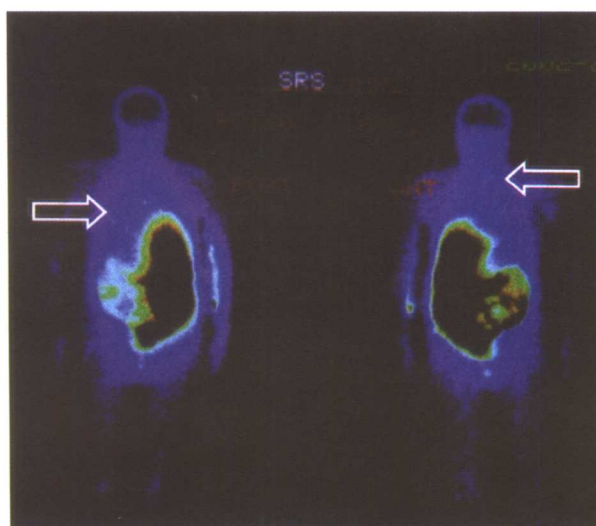


图 21-1-9 甲状腺髓样癌的 SST 受体显像

目 录

第一章	核医学的核物理学基础知识	1
第二章	放射性测量系统(I)	30
第三章	放射性测量系统(II)	82
第四章	放射性测量	137
第五章	放射性药物	162
第六章	放射性核素发生器	185
第七章	放射性药物的质量控制	214
第八章	体外放射分析	231
第九章	神经系统	287
第十章	心血管系统	397
第十一章	内分泌系统	529
第十二章	呼吸系统	597
第十三章	消化系统	622
第十四章	泌尿生殖系统	732
第十五章	骨骼系统	860
第十六章	造血、血液和淋巴系统	932
第十七章	面颌部和五官	982
第十八章	肿瘤核医学	999
第十九章	儿科核医学	1069
第二十章	急症核医学	1120
第二十一章	受体核医学	1172
第二十二章	放射性核素治疗	1212
第二十三章	放射免疫显像及治疗	1337

第一章

核医学的核物理学基础知识

一、原子与原子核

- (一) 原子
- (二) 原子核
- (三) 基本术语

二、放射性衰变类型及其规律

- (一) 衰变类型
- (二) 衰变规律

三、射线与物质的相互作用

- (一) 光子和物质的相互作用
- (二) 半值层
- (三) 物质的衰减系数
- (四) $1/R^2$ 律
- (五) 电子和物质之间的相互作用
- (六) 射程
- (七) 线性能量转移
- (八) 重带电离子与物质的作用

四、辐射剂量学基础

- (一) 基本物理量及其单位
- (二) 内照射剂量的计算

核医学的存在依赖于这样一个事实： γ 射线和X射线能够穿透生物体组织。为了更好的理解放射线能对机体产生一定的生物效应和射线的医用目的，讨论这些射线的产生以及它们和物质之间的相互作用，是最为首要的。在此，我们从对原子的结构描述来开始介绍本章的内容。

一、原子与原子核

(一) 原子

1. 原子的结构 原子由两个独特的粒子系统组成, 每个系统都有自身特有的结构, 并独立地和其它粒子发生作用。它们是位于原子中心的原子核和绕核旋转的电子(如图 1-1-1 所示)。原子核呈近似的球体结构, 由很多称为核子的不可压缩的物体组成。拥有 100 个核子的典型的原子核, 其半径约为 5×10^{-13} cm。核子有两种类型, 分别称为中子和质子, 除它们各自的电荷数不同外, 它们几乎完全相同。迄今为止, 核子都被看成是正粒子, 每个核子由三个假象的素粒子所组成。绕原子核旋转的自由电子的质量比核子的质量小近 2000 倍。最外层轨道电子的半径约为 10^{-8} cm。如同假象的素粒子一样, 电子是一种真正的基本粒子。

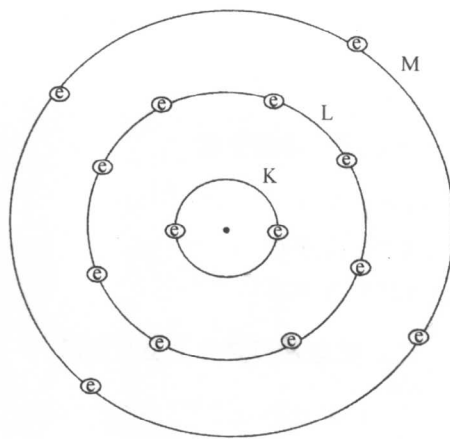


图 1-1-1 硅(Si)原子结构示意图(含 14 个电子)

许多基本粒子自然拥有的特性就是它们的电荷特性。几个世纪以前电荷就被分成正电荷和负电荷两种。如同相同数量的正数和负数之和为零一样, 当粒子的正、负电荷相同时, 粒子就不会表现出电荷特性。由此可见, 电荷的这种命名分类是很贴切的。质子被看做是带正电荷, 电子带负电荷且其电荷量与质子相同, 而中子就如它名字所示不带电。电子带一个单位的电荷(或单倍电荷), 用字母“e”表示。尽管质子和电子看似两种不同的粒子, 但在 $1/10^{20}$ 精度范围内, 它们却有数量相同、极性相反的电荷数。表 1-1-1 总结了原子的有关组分。

表 1-1-1 原子的组成

名 称	质量大小	电 荷 特 性
电子	$m_e (m_e = 9.11 \times 10^{-28} \text{ g})$	$-e (e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C})$
质子	$1836 m_e$	$+e$
中子	$1839 m_e$	0

由于库仑力的作用, 带电粒子的运动相互影响, 这表现在同性的带电粒子相斥、异性相吸。库仑力随带电粒子之间距离的增加, 按与距离的平方成反比的规律而降低。电子之所以能按一定的轨道绕原子核旋转, 原因在于电子和质子之间的存在相互吸引的库仑力。电子绕原子核旋转越近, 引力越强, 这是因为它距质子越近且来自干扰电子的屏蔽越少。通常情况下, 由于原子中质子和电子的电荷数完全相同, 故原子呈电中性。这个事实, 我们可以用这样一个例子帮助理解, 假设有一个电子脱离原子, 此时由于原子

中质子数比电子数多1, 原子带正电荷, 原子将吸收任何一个路过的自由电子进入轨道, 于是原子又呈电中性。

由于中子不带电荷, 中子与中子之间或中子与质子之间就不存在库仑力。质子之间由于它们具有相同极性的电荷而存在巨大的排斥力。那么, 为什么众多的质子能被禁锢在原子核如此小的空间内呢? 要解释这个问题, 必须了解这样一个事实: 任何两个质子之间除库仑力之外, 还存在第二种自然作用的力, 称为强力(或核力)。当核子紧靠在一起时, 尽管核力比库仑力要强得多, 但当核子被分开到距离超过 10^{-13}cm 时, 核力便迅速地减小到零。任何两种核子之间的核力的大小是相同的。

第三种自然存在的力主要表现在它的转换作用: 它能将中子转换为质子, 反之亦然。由于这种作用力远比库仑力或核力弱, 所以称之为弱力。弱力几乎能在所有基本粒子之间发生作用, 但其作用范围小于 10^{-14}cm 。

第四种在原子各组分之间产生作用的力是引力。引力作用在所有具有质量或能量的物体之间。然而, 由于引力比库仑力要小近 10^{40} 倍, 所以引力在有关原子的作用力中几乎不被考虑。

2. 电子壳层和电子能量

(1) 电子壳层: 电子在原子中并非随机地运动, 而是按某一种完全确定的运动状态运动。事实上, 无法观察到构成原子的各粒子的运动轨道。惟一能知道的是特定位置某个粒子出现的几率。每种可能的电子状态是与原子核相关的任意位置电子出现的几率一一对应的。用大家熟悉的术语“电子云”以空间三维的方式来描绘这种出现几率的分布。

粗略的描绘, 这种概率的分布就如同电子分布在原子核周围空间类似壳层的区域内。用电子壳层这个术语来描述这种结果, 并按其距原子核的远近分别命名, 最近的称为K壳层, 其次是L、M、N、O、P等壳层。在此, 一个重要的限定是每个壳层只能容纳有限个电子数。例如K层最多只能容纳2个电子, L层8个, 推而广之, 第n壳层最多容纳的电子数为 $2n^2$ 。同时, 由于原子核对电子的吸引作用, 电子通常占用离原子核更近的轨道, 先填充K层, 然后是L层, 如此等等。

(2) 电子能量: 能量被作为一种计量工具而非有形的物质。它是一个非常有用的数值量, 理论上我们可以利用能量来计算任何的物质集合体, 因为任何一个独立的系统, 无论其内在的工作方式是何等的复杂, 其能量的数值都是不变的。总体而言, 能量由物体运动产生的动能和物体相对位置具有的势能两部分组成。物体的系统总能量是动能和势能的总和。

在原子内部, 电子同时具有动能和势能, 其能量与电子占据的特定壳层有关。电子的动能是由其运动速度决定的、势能是由其相对原子核的距离决定的。电子距原子核越远, 其势能越大, 就像一个石头需要获得更多的势能才能离地面越高一样。正因如此, 更外层的电子比较内层的电子(例如K层的电子)具有更高的势能。

原子物理中能量的单位常用电子伏特(eV)表示。其定义为: 假想两个较大的平行板电极, 连接1V电池, 相距任意距离; 如果负电极产生一个电子, 它将被正电极吸引, 在此过程中电子获得动能加速运动; 电子在与正电极碰撞前所拥有的能量就被定义为1eV。如果电极之间被加载高达1000V的电压, 那么电子获得的能量为1000eV, 常用1keV表示。1百万电子伏特或1000keV被称为1MeV。尽管电子的能量定义为电子