

# 原子医学

# 原 子 医 学

主 譯 者 汪 紹 訓

譯 者

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 汪紹訓 | 張德苓 | 郑 特 | 譚雅各 |
| 谷銑之 | 刘 永 | 邓家栋 | 張 安 |
| 楊崇礼 | 侯虞华 | 史軼繁 | 湯 慧 |
| 蘭宝森 | 徐海超 | 苏学会 | 胡郁华 |
| 应世雄 | 刘玉清 | 韋家瑚 | 張鉄樑 |
| 謝晶曦 | 王世眞 | 胡懋华 | 蔣鳳英 |
| 李松年 | 石 瑛 | 刘廣年 | 俞家振 |

人 民 衛 生 出 版 社

一九五七年・北 京

## 內 容 提 要

这是一本与原子能有关的医学書。它的內容包括原子能的釋放、电离放射的基础知識、放射綫的生物作用、放射綫的探索 and 測量、放射性同位素在医学和生物学的应用、放射綫有害效应的防禦，此外并涉及一些原子彈爆炸后伤亡的处理問題。它的目的是使一般医务工作者对原子医学有一概括的認識，也可以作为研究原子医学的入門。

## 原 子 医 学

开本：850×1168/32 印張：19 插頁：9 字數：529 千字

汪 紹 訓 主 譯

人民衛生出版社出版

(北京審刊出版總局登記證出字第〇四六号)

• 北京崇文區磁子胡同三十六号 •

北京市印刷一厂印刷 • 新华書店發行

統一書号：14048 • 1103

1957年5月第1版—第1次印刷

定 价：(9)3.60元

(北京版)印数：1—7150

## 前 言

原子能的和平利用，是二十世紀科学技術上最突出的成就之一，原子医学乃是其中的一部分。今天，在党中央的向科学进军的号召下，作为科学技术工作者就有責任把世界上有关原子能的重要科学文献，尽快地介紹給广大讀者。鑒于国内在原子医学方面的介紹不多，尤其是系統性的介紹更为缺如，乃決定进行原子医学一書的編譯工作。

这本书是根据 Behrens氏于 1953 年所編著的“Atomic Medicine”第二版而編譯的。原書由許多人执笔，而且每一作者都是各該部門的專家，因之，其內容包括方面甚多；不少的見解，在学术上都具有一定的獨創性。当然，原子医学本身的內容非常丰富，不可能在一本書里詳盡地闡明所有的問題，所以本書的敘述是比較概括而帶有介紹性的。好在各章后面刊有許多參考文献，可供讀者作进一步鑽研之用。

在編譯过程中，我們發覺原書中有一些缺点和錯誤，已做了部分的修正工作，茲將主要者提出，以供讀者參考。

1. 原書出版于独佔資本統治下的美国，作者們对于科学必須为人类的和平幸福服务以及科学家應該竭力反对濫用科学成果来毁灭人类的基本观点，是極缺乏的，有的甚至是反动的。由于很多作者都隶属于軍事部門的研究機構，这样情形，自不足怪。因此，我們首先把原書中思想相当反动、立場相当模糊的第 1 章完全刪去，而重写了一篇緒論。在其他章节內也分別作了增刪。

2. 某些作者的立論是唯心主义的，如原書中的細胞学的論点和測不准原理等。关于一些能够察覺出来的，也尽我們所知作了个別的註釋，但在譯文中仍保留了原意。限于我們自己的理論水平，其他类似問題一定很多，希望讀者能协助指出。

3. 在原書中还有不少推銷商品的气味，对一些生产医疗器械的工厂以及器械的性能等，曾用不必要的广告式文字予以宣傳。这些都一律加以簡化或删除。

4. 原子医学是一門新兴的科学，許多問題还 正在进行研究

中，而原書的缺點就是對於某些問題只是羅列了事實或各人的觀點，缺乏分析、批判和綜合，使讀者不易獲得一個明晰的概念。

5. 由於原書是許多人執筆的，所以在文筆、語氣、甚至度量衡制度上極不統一；一些數字單位都來自原始的實驗或調查報告，不便修改。內容有不少重複的地方，有的重複到好幾遍，尤其如第12章的重複最多，因此只把它擇要譯出，其他重複地方就作了適當的刪略。

6. 原書中校對與印刷方面的錯誤甚多，諸如公式、符號、數目字、人名、章節排列的錯誤等等，我們均儘可能加以校正了。

\*

\*

\*

書中許多人名、地名並沒有全部譯出，這不僅是因為譯音困難，對讀者的意義也不大。除了一些大家所熟悉的人名、地名是按通用的譯法來譯出外，其餘的都保留了原文而在人名後加“氏”和在地名後加“地方”，以資識別（在括弧內的不加）。至於一些專用的科學名詞，則都採用“物理學名詞”所公佈的譯名。但個別的也略加修改，例如“Radiation”一詞凡是與電離有關的都用“放射”以與“放射性”相應，但在所指的是光或熱的地方則仍用“輻射”。又如有關放射性物質的蛻變，不論原書是用“decay”或“disintegration”，一律譯為“蛻變”。

原書中的元素週期表只刊有98種元素，在本書中已改為100種（尚未包括鐳），以期與最近幾年的發展相適合。

由於本書的許多部分涉及專門的知識，因之在編譯時曾請各方面有關的專家協助，例如病理學方面有劉永教授，血液學方面有鄧家棟教授及張安教授，物理、機械與測量方面有徐海超教授，生物化學方面有王世真教授，牙科學方面有俞家振教授等。對於以上幾位的協助謹誌誠摯的謝意。其他許多譯者同志，也都費了不少精力使本書得以完成，尤其是張德苓與鄭特兩位同志在校正工作中幫了很多忙，在此一併誌謝。

本書雖經過反復的校對和修正，但錯誤和不妥之處仍所難免，希望讀者從多方面對本書提出寶貴意見和批評。

汪紹訓

1956年6月

# 目 录

|                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| <b>第 1 章 緒論</b> .....               | <b>1</b>                        |
| 1.1 概說..... ( 1 )                   | 1.3 結語..... ( 5 )               |
| 1.2 原子医学的范围..... ( 1 )              |                                 |
| <b>第 2 章 原子族及有关物理学</b> .....        | <b>6</b>                        |
| 2.1 早期的学說..... ( 6 )                | 2.17 普朗克常数..... ( 23 )          |
| 2.2 道尔頓的倍比定律..... ( 7 )             | 2.18 光电方程式..... ( 23 )          |
| 2.3 閃爍和閃爍鏡..... ( 7 )               | 2.19 質量和波..... ( 23 )           |
| 2.4 陰極綫..... ( 8 )                  | 2.20 光、 $\gamma$ 綫与原子的关系 ( 24 ) |
| 2.5 $\gamma$ 綫..... ( 8 )           | 2.21 旋轉..... ( 25 )             |
| 2.6 極陰綫..... ( 9 )                  | 2.22 分子磁性..... ( 25 )           |
| 2.7 自然放射性..... ( 9 )                | 2.23 原子核的表面張力..... ( 25 )       |
| 2.8 自然放射性的分析..... ( 10 )            | 2.24 交換力和介子..... ( 26 )         |
| 2.9 放射元素族..... ( 12 )               | 2.25 同位素的發現和一般背景..... ( 26 )    |
| 2.10 玻尔原子..... ( 14 )               | 2.26 自然界中其他放射性同位素..... ( 27 )   |
| 2.11 中子..... ( 15 )                 | 2.27 阿伏加德罗数..... ( 28 )         |
| 2.12 符号..... ( 16 )                 | 2.28 同量異位元素..... ( 28 )         |
| 2.13 原子核大小的限界..... ( 17 )           | 2.29 “奇数和偶数”同位素..... ( 28 )     |
| 2.14 軌道电子的排列方式..... ( 17 )          |                                 |
| 2.15 週期系統..... ( 19 )               |                                 |
| 2.16 量子..... ( 22 )                 |                                 |
| <b>第 3 章 核子反应器与原子彈</b> .....        | <b>31</b>                       |
| 3.1 原子核的穩定因素..... ( 31 )            | 3.10 关于原子核分裂的一般因素..... ( 39 )   |
| 3.2 中子-質子比例及 $\beta$ 蛻变..... ( 32 ) | 3.11 鈾堆及反应器..... ( 40 )         |
| 3.3 質与能的平衡..... ( 32 )              | 3.12 炸彈的物質..... ( 43 )          |
| 3.4 太陽及恒星能量的来源..... ( 33 )          | 3.13 鈾..... ( 44 )              |
| 3.5 質量耗損及結合能..... ( 34 )            | 3.14 原子彈的構造..... ( 45 )         |
| 3.6 激發因子..... ( 36 )                | 3.15 爆炸..... ( 46 )             |
| 3.7 共振因子及障壁..... ( 37 )             | 3.16 分裂的物質..... ( 48 )          |
| 3.8 不确定原理..... ( 38 )               | 3.17 鏈式分裂的例子..... ( 49 )        |
| 3.9 核分裂的發現..... ( 38 )              | 3.18 原子核的同質異能性..... ( 50 )      |
| <b>第 4 章 原子彈的爆炸</b> .....           | <b>52</b>                       |

|                                        |                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 4.1 鏈式反应时间与原子能<br>的释放..... ( 52 )      | 4.5 放射的种类..... ( 57 )                         |
| 4.2 热效应..... ( 52 )                    | 4.6 伤亡..... ( 58 )                            |
| 4.3 冲击波的效应..... ( 54 )                 | 4.7 物質的破坏..... ( 61 )                         |
| 4.4 放射性損害..... ( 56 )                  | 4.8 更大的炸彈..... ( 65 )                         |
| <b>第 5 章 电离放射</b> .....67              |                                               |
| 5.1 电离效应..... ( 67 )                   | 5.9 正电子..... ( 73 )                           |
| 5.2 电离放射的来源..... ( 68 )                | 5.10 电离性电磁波放射: $\gamma$<br>及X线的概說..... ( 73 ) |
| 5.3 湮没反应..... ( 70 )                   | 5.11 $\gamma$ 线..... ( 73 )                   |
| 5.4 $\alpha$ 粒子..... ( 70 )            | 5.12 X线..... ( 78 )                           |
| 5.5 $\beta$ 粒子..... ( 71 )             | 5.13 中子..... ( 79 )                           |
| 5.6 中微子..... ( 71 )                    | 5.14 質子..... ( 79 )                           |
| 5.7 布喇格电离效应..... ( 72 )                | 5.15 介子..... ( 80 )                           |
| 5.8 非原子核 $\beta$ 线及內<br>轉換..... ( 72 ) | 5.16 繼發放射..... ( 81 )                         |
| <b>第 6 章 电离放射的基本生物学</b> .....83        |                                               |
| 6.1 共同的特点..... ( 83 )                  | 6.6 作用的方式..... ( 86 )                         |
| 6.2 一般的現象..... ( 83 )                  | 6.7 恢复現象..... ( 87 )                          |
| 6.3 首要的效应..... ( 84 )                  | 6.8 放射敏感度..... ( 89 )                         |
| 6.4 形态的效应..... ( 85 )                  | 6.9 腫瘤对放射的反应..... ( 90 )                      |
| 6.5 机能的效应..... ( 85 )                  | 6.10 編者附註..... ( 92 )                         |
| <b>第 7 章 全身照射的病理解剖学</b> .....94        |                                               |
| 7.1 剂量因素..... ( 94 )                   | 7.4 病变与症狀的关系..... ( 112 )                     |
| 7.2 解剖病变..... ( 94 )                   | 7.5 病理学与诊断: 总结..... ( 113 )                   |
| 7.3 特种病变..... ( 96 )                   |                                               |
| <b>第 8 章 电离放射的血液学</b> .....117         |                                               |
| 8.1 范围与概況..... ( 117 )                 | 8.8 用血液学方法来探查放<br>射性损伤..... ( 132 )           |
| 8.2 分歧的原因..... ( 117 )                 | 8.9 血液改变的估价..... ( 133 )                      |
| 8.3 損害的机制..... ( 118 )                 | 8.10 放射病的出血性症候羣 ( 134 )                       |
| 8.4 变化的速度..... ( 119 )                 | 8.11 在急性放射性损伤中血<br>液研究的价值..... ( 138 )        |
| 8.5 敏感的因素..... ( 120 )                 | 8.12 造血系统与放射性损伤<br>后生存的关系..... ( 138 )        |
| 8.6 血細胞数量与形态学的<br>变化..... ( 122 )      |                                               |
| 8.7 晚期效应..... ( 131 )                  |                                               |
| <b>第 9 章 电离放射的可容許量及其危害因素</b> .....147  |                                               |

|                                           |                                 |
|-------------------------------------------|---------------------------------|
| 9.1 問題的性質..... (147)                      | 9.13 照射标准的發展..... (157)         |
| 9.2 效应的一般性質..... (147)                    | 9.14 安全的極限..... (157)           |
| 9.3 皮膚反应..... (148)                       | 9.15 血液学方面的考慮..... (158)        |
| 9.4 眼的損害..... (152)                       | 9.16 遺傳效应..... (160)            |
| 9.5 倫琴( $r$ )單位..... (153)                | 9.17 总的可容許量..... (162)          |
| 9.6 $X$ 綫及 $\gamma$ 綫的量的<br>因素..... (153) | 9.18 予計的危險..... (163)           |
| 9.7 $\beta$ 粒子放射量的因素..... (154)           | 9.19 体内的危害..... (166)           |
| 9.8 $\alpha$ 粒子放射量的因素..... (155)          | 9.20 对放射性物質的早期<br>經驗..... (168) |
| 9.9 中子放射量的因素..... (155)                   | 9.21 “居里”單位..... (169)          |
| 9.10 質子放射量的因素..... (155)                  | 9.22 总容許量..... (170)            |
| 9.11 放射量率及恢复因素..... (156)                 | 9.23 結語..... (171)              |
| 9.12 可容許量: 引言..... (157)                  |                                 |

## 第10章 放射病的發病論与治疗 .....175

|                                      |                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 10.1 概說..... (175)                   | 10.5 穿透性放射的全身照射所<br>产生的急性放射病..... (179) |
| 10.2 放射病及放射損害的分<br>类..... (176)      | 10.6 原子战争中放射損害的<br>診斷..... (186)        |
| 10.3 穿透力弱的放射綫所产<br>生的急性損害..... (177) | 10.7 放射病的發病論..... (188)                 |
| 10.4 穿透性放射綫所引起的<br>急性放射病..... (178)  | 10.8 急性放射效应的总结..... (196)               |
|                                      | 10.9 治疗..... (197)                      |
|                                      | 10.10 总结..... (201)                     |

## 第11章 放射綫的探索 and 測量 .....215

|                                                |                                 |
|------------------------------------------------|---------------------------------|
| 11.1 引言..... (215)                             | 11.5 閃爍計數器..... (219)           |
| 11.2 探索 and 測量的方法..... (215)                   | 11.6 威尔孙云室..... (219)           |
| 11.3 盖革-弥勒計數器和电<br>离作用的仪器: 基本<br>原理..... (216) | 11.7 电离放射的單位..... (220)         |
| 11.4 攝影探测法..... (218)                          | 11.8 單位和測量計的实际应<br>用..... (222) |
|                                                | 11.9 實驗室設備..... (238)           |

## 第12章 放射綫的防御 .....240

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 12.1 計算方法介紹..... (240)    | 12.6 个人污染的監察及光度<br>剂量学..... (267) |
| 12.2 放射綫的吸收..... (242)    | 12.7 實驗室計數技术..... (267)           |
| 12.3 可容許的最大放射量..... (251) | 12.8 放射性廢料的處理..... (270)          |
| 12.4 体外放射的防御..... (262)   | 12.9 結論..... (271)                |
| 12.5 体内放射的防御..... (266)   |                                   |

## 第13章 原子災害下的防御措施 .....275



|                                                      |                                          |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 13.1 引言..... (275)                                   | 13.6 羣众組織的監視員<br>工作..... (280)           |
| 13.2 原子武器的影响..... (275)                              | 13.7 公共防御..... (280)                     |
| 13.3 个人的防御..... (276)                                | 13.8 医疗計劃和医疗問題..... (281)                |
| 13.4 住处的防御..... (278)                                | 13.9 医疗救护的最低要求..... (281)                |
| 13.5 集体待避所..... (279)                                |                                          |
| <b>第 14 章 帶电粒子的加速及有关的高压装置</b> .....293               |                                          |
| 14.1 引言..... (293)                                   | 14.7 加速举例..... (293)                     |
| 14.2 加速的粒子..... (293)                                | 14.8 变换的磁場或电場对粒子<br>加速的作用..... (301)     |
| 14.3 粒子加速时电荷<br>的重要性..... (293)                      | 14.9 高压发电機..... (302)                    |
| 14.4 粒子加速的理由..... (293)                              | 14.10 高压加速器在医学上的展<br>望..... (307)        |
| 14.5 电子与磁力对帶电粒<br>子运动的作用..... (296)                  | 14.11 补充讀物..... (310)                    |
| 14.6 电的單位..... (297)                                 |                                          |
| <b>第 15 章 生物学中应用放射性同位素的示踪方法</b> .....313             |                                          |
| 15.1 引言..... (313)                                   | 仪器..... (328)                            |
| 15.2 概說..... (313)                                   | 15.11 自家放射攝影技术..... (328)                |
| 15.3 半衰期..... (318)                                  | 15.12 研究轉移和代謝过程的<br>示踪法: 名詞說明..... (331) |
| 15.4 粒子的能量..... (320)                                | 15.13 放射性比度..... (332)                   |
| 15.5 $\gamma$ 綫..... (321)                           | 15.14 更新..... (333)                      |
| 15.6 双标记的技术..... (322)                               | 15.15 中間代謝..... (343)                    |
| 15.7 示踪方法..... (323)                                 | 15.16 同位素稀釋法..... (345)                  |
| 15.8 計数..... (323)                                   | 15.17 分配層析法..... (347)                   |
| 15.9 标准的应用..... (327)                                | 15.18 总结..... (353)                      |
| 15.10 測定放射性同位素的                                      |                                          |
| <b>第 16 章 放射性同位素: 概說</b> .....362                    |                                          |
| 16.1 自然存在的放射<br>現象..... (362)                        | 16.5 放射性同位素用为治<br>疗剂..... (370)          |
| 16.2 原子的性質..... (364)                                | 16.6 应用放射性同位素的剂量<br>及需注意的事項..... (373)   |
| 16.3 人造放射性..... (365)                                | 16.7 总结..... (374)                       |
| 16.4 示踪同位素..... (366)                                |                                          |
| <b>第 17 章 放射磷与放射碘</b> .....379                       |                                          |
| 17.1 放射磷..... (379)                                  | 17.2 放射碘..... (388)                      |
| <b>第 18 章 放射磷及放射碘以外的在医学上<br/>有价值的放射性同位素</b> .....418 |                                          |

|                                             |                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| 18.1 鋁..... (413)                           | 18.13 硫..... (444)            |
| 18.2 鉄..... (414)                           | 18.14 碳..... (446)            |
| 18.3 鈷..... (417)                           | 18.15 鎳..... (448)            |
| 18.4 銅..... (421)                           | 18.16 汞..... (451)            |
| 18.5 鋅..... (422)                           | 18.17 鉍..... (452)            |
| 18.6 砷..... (424)                           | 18.18 釷..... (453)            |
| 18.7 銻..... (426)                           | 18.19 碲..... (453)            |
| 18.8 金..... (426)                           | 18.20 鉛..... (453)            |
| 18.9 溴..... (432)                           | 18.21 釷..... (454)            |
| 18.10 鈉..... (432)                          | 18.22 銻..... (454)            |
| 18.11 鉀..... (433)                          | 18.23 銻..... (454)            |
| 18.12 鈣及錒..... (439)                        |                               |
| <b>第19章 医学研究中应用放射性同位素实验室的设计及操作..... 476</b> |                               |
| 19.1 引言..... (476)                          | 19.5 安全问题..... (483)          |
| 19.2 实验室的构造..... (476)                      | 19.6 放射性水平的分类..... (483)      |
| 19.3 废料的处理..... (479)                       | 19.7 放射性污染的预防和清除..... (489)   |
| 19.4 工作人员的条件..... (479)                     |                               |
| <b>第20章 放射性同位素的剂量学及其施用..... 491</b>         |                               |
| 20.1 引言..... (491)                          | 20.5 体内应用..... (509)          |
| 20.2 放射性同位素的选择..... (491)                   | 20.6 放射性同位素的校准..... (512)     |
| 20.3 应用放射性同位素的理论基础..... (492)               | 20.7 标准和样品的放射性分析..... (514)   |
| 20.4 用作治疗剂的放射性同位素..... (495)                | 20.8 结果的解释..... (517)         |
|                                             | 20.9 自家放射摄影..... (519)        |
|                                             | 20.10 结论..... (520)           |
| <b>第21章 电离放射对于口腔的效应及其在牙科上的重要特征..... 527</b> |                               |
| 21.1 引言..... (527)                          | 21.4 照射对颌骨的效应..... (533)      |
| 21.2 保护方法..... (528)                        | 21.5 应用大量放射对于口腔的准备..... (535) |
| 21.3 照射对牙齿的效应..... (529)                    |                               |
| <b>第22章 研究原子医学的几个基本问题..... 541</b>          |                               |
| 22.1 引言..... (541)                          | 22.4 闪光灼伤..... (542)          |
| 22.2 医学问题..... (541)                        | 22.5 放射性损害..... (544)         |
| 22.3 冲击伤..... (542)                         | 22.6 结论..... (548)            |
| <b>附录一 同位素表..... 550</b>                    |                               |
| <b>附录二 一些重要的符号、单位及定义..... 600</b>           |                               |
| <b>附录三 标准人的分析..... 605</b>                  |                               |

# 第1章 緒 論

汪 紹 訓

## 1.1 概說

近代医学的进展,与物理学的新發現和新成就有着密切的联系。很远的不說,比較近的如倫琴在 1895 年發現X 綫和居里夫妇在 1898 年發現鐳以后,人們迅速地利用这些科学成就来改进临床診斷及治疗工作,从而在医学領域內开始了一門新兴的科学——放射学。从X 綫的發現到原子能的大量釋放还不到五十年,但是对物理学來說,它又进入了一个新阶段。在这个阶段里,医学与物理学之間再一次表现了它們的密切联系,因为原子能的發現及其日益广泛的应用,产生了一系列重要的医学問題。面临此原子时代的医务工作者,对于医学科学中这样一个新穎的、同时也是極端重要的問題的理解,乃是十分必要的。由于今天我們对这門科学尚陌生,因之,在这里初步介紹有关原子医学所涉及的某些內容也是适宜的。

## 1.2 原子医学的范围

如上所述,原子能的出現,給医学科学帶來了一系列的新問題,这些問題的發掘和鑽研,已肯定地有極燦爛的前途,同时也是医务工作者的不可逃避的責任。那么,这些問題究竟有些什么內容呢?或者說,原子医学究竟包括那些項目呢?現在試把这些項目归一归类,这样可使讀者对本門科学有一概括的認識。

**1.2.1 有关原子能的基础知識。**为了要了解原子能是怎样釋放的,首先必須对原子構造有一正确的認識。大家知道,原子的概念并不是很新的,它在人类意識中已有几千年的历史,但只在近百年內,始由科学家的共同努力而証实了它的可靠性。从原子的概念进一步地發展到原子內部的構造,那是在X 綫被發現以后的事。这样短的时期,在人类历史中只能算是一刹那,但是人們对于一切

物質的特性,以及物質與能量的轉換關係等問題,已有了划時代的認識。這些認識,使有可能發現原子核的分裂現象,從而產生大得不可思議的能量,其中一部分就是電離放射能。

其次,從醫學觀點來看,放射能對於有機體可以發生顯著的生物效應。這種放射有兩個主要形式:(一)粒子放射,包括 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子亦即電子、質子、中子等;(二)電磁波放射,包括X綫和 $\gamma$ 綫、等。不論是那種放射,它們對生物體的效應都是一樣的。這些效應一方面發生於生物細胞的蛋白質分子和水分子之內,導致細胞的形態和機能方面的變質;另一方面由於種種複雜的機制,造成整個機體的損害。而且不同細胞的變質程度,在相同劑量的放射影響下並不一樣,說明不同細胞對放射綫有不同的敏感度。同樣細胞,在不同的細胞核分裂活動、分化和新陳代謝等情況下,也有不同的敏感度。由於這些特性,全身照射的病理解剖學在機體各部的不同表現,是十分明顯的,其中以造血系統對放射能的反應最為突出,因此有必要作更詳盡的討論。此外,放射病的發病論的研究,也是原子醫學的最重要項目之一。

**1.2.2 放射性同位素的应用。**原子核的分裂現象,導向原子反應堆的製造,後者能夠發出大量中子,可用來生產一系列的放射性同位素。實際上早在原子堆運轉之前,人們已經從迴旋加速器里生產了同位素,只是種類較少,不夠大規模的應用。到目前為止,已製造出的放射性同位素有600多種,其中約有70多種在醫學和生物學方面找到用途。這樣大量的同位素,的確給予醫務工作者一個不可多得的机会以便對人類的疾病作鬥爭。對於臨床或實驗室工作者來說,這裡是一個新的和引人入勝的研究領域,遑論這個領域又是那樣的廣闊無涯呢!

放射性同位素在醫學科學上有兩個主要用途:(一)作為示踪劑,(二)作為放射治療。示踪的原理並不複雜,因為放射性同位素的特性就是它能夠發出放射綫,利用後者的可測性,使它的踪跡很容易地尋找出來。如果任何元素與它的放射性同位素摻和在一起,則它們在化學或生物學反應的一切活動中是分不開的。這樣的同位素可視為帶有標記的原子,它的活動完全可以代表另外一羣

沒有標記的原子的活動。因此機體的一切生物化學現象，不論是在生理或病理的情況下，都有可能直接地追蹤得之。而且利用原子反應堆，放射性同位素可以隨意製造，它們的量也能滿足任何合理的研究需要。由於這些優越條件，人們預料在不倦的研究中，可以更多地了解生命過程的秘密，從而使人類的壽命得以延長，同時也變得更強壯和更結實。

在臨床診斷方面，放射性同位素也有重要的用途，實質上它仍是示踪研究之一。這裡觀察的主要目的，是在病理狀態下找出一種放射性同位素能有選擇地積聚於某一器官或組織內，並利用這個特殊分佈來達到診斷目的。另外，利用同位素稀釋法和速度測定法，也有助於臨床診斷。

放射性同位素的應用於臨床治療，乃是利用其放射性的生物效應。它們在蛻變過程中所發出的放射綫，是與 $\alpha$ 綫、 $\gamma$ 綫或高速的粒子完全一樣的。適才提過某些同位素在生物機體內有特殊的分佈；這種具有高度選擇性的吸收方式，使積聚同位素最多的病理組織受到最大的放射效應，而圍繞於其四周的正常組織則損害較少，甚至可以完全沒有。

此外放射性同位素可以用來代替 $\alpha$ 綫或鐳的功用，不論是體腔內、間質內或是體外的遠距離照射治療。一般高壓或超高壓 $\alpha$ 綫機都比較複雜，因此在偏僻地區可能不易安裝；鐳則是自然界的稀有金屬，價格十分昂貴。這樣就限制了 $\alpha$ 綫和鐳的普遍採用。應用放射性同位素則困難較少，而且在量的方面也易於解決。以往用幾十克鐳作為遠距離放射治療來源是不能設想的，但在今日，相當於1000克鐳的同位素的生產，已在技術上與經濟上不成問題了！

最後還須指出，放射性同位素的治療效果，目前還不能太早地和過分樂觀地下結論。以往在歐美報刊上所發表的報導，有一些顯然是不成熟的。這些不成熟的報導，給一般羣眾造成錯誤的看法，認為放射性同位素是一種萬應靈藥。實際上此項工作剛剛是一個開始。極大量的研究工作，包括動物實驗，還必須加緊進行；這樣才有可能更清楚地了解這些物質本身的特性，使在應用它們時獲得最大程度的有益效果。

**1.2.3 原子能工作者的保健。**在原子能工業或是在同位素實驗里所牽涉的衛生保健問題，主要指的是對電離放射的防禦。上面提過，由於放射能的電離作用會使生物機體受到損害。這種損害可能因為一次大劑量的曝射，也可能因為多次小劑量的重複曝射。大家知道在開始應用X綫和鐳的時候，許多科學家因為不了解這個工具的有害性而遭受到身體的損傷，有名的“貝克勒爾灼傷”即是一個例子。逐漸地由於經驗與實驗資料證明，適當的防禦，包括正確的工作條件，可以避免X綫或鐳的放射性損害至最低限度。因此有所謂可容許放射量的標準和安全操作方法等的制訂。但是，今天的原子工業可以大規模地生產放射能，治療室或實驗室內可以大量地操作放射性同位素，同時這些放射能的穿透力愈來愈高，其強度也愈來愈大。這樣就使從前那一套安全辦法已不足以應付新的情況，因而有必要發展一門工業衛生學來研究和處理這些問題。這門學問所包括的範圍很廣，牽涉的科目也很多，至少需要臨床學、公共衛生學、物理學和生物學等的專業人材來共同工作。它所需要的探測儀器和防禦設備等，又必須有精密電子工業來配合。以上這些問題，均是原子醫學的重要項目之一。

關於應用放射性同位素的具体保健方法，一般多決定於同位素的量和其放射的性質。在示踪研究方面，它所應用的同位素的量很小，往往在1毫居里以下，因而其防禦方法較為簡單。在同位素治療方面，一次操作的量可以為1居里，甚至達千百居里，這樣的防禦問題就相當費事。在大量生產放射性同位素的情況下，保健問題十分嚴重，其所需要採取的安全措施因而也更為複雜。此外，我們還必須考慮到放射性沾污物的管制和放射性廢物的排除處理等問題。

總之，原子能在工業與研究方面的危害性，確是不可輕視的；設法避免放射性曝射，應該成為每日的生活習慣，並應該保持着高度警惕性。所有原子能工作者，包括放射學醫務工作者在內，在操作和應用放射性物質的時候，必須時刻意識到這些物質對他們的病人和他們自己，有怎樣的危害性。最好是使曝射量達到不易測量的程度，這才是最安全的保健辦法，而且也有可能做得到的。

**1.2.4 原子爆炸的防御。**今天在世界人民面前，对原子能的利用，有着完全相反的两条路綫。一条是把原子能用于和平目的，开拓能源，發展生产，寻觅原子能在各个科学技术領域內的应用，并实行国际合作，促进人类文明高漲的路綫。另一条是准备原子战争，把偉大的科学成果用于殘杀人民、灭絕人类文明的帝国主义战争販子的路綫。为了防患于未然，由于原子彈爆炸的伤亡所引起的医学問題也就成为原子医学中一个重要研究項目之一。

原子爆炸所造成的伤害与其他武器相比，显然是不同的。首先是伤亡者的数量問題，一般需以“万”来計数。这样大量的伤亡，对于医务工作者肯定是一个莫大的挑战。我們必須如何的組織起来，所有医、护、助理人員必須作适当的調配，使能在同一時間搶救成千成万的伤者，这些确是一个不可忽視的医学問題。其次，原子爆炸所引起的特殊伤害，主要是放射病，必須作特殊处理。关于放射病的診斷、預后与治疗等問題，目前世界上多个国家正在做極龐大的計劃，并从多方面进行研究。希望在不久的将来，人們对这种特殊疾病有更深刻的了解，从而更适当地处理这个医学問題。

### **1.3 結語**

原子能的發現和应用，是現代科学世界里天才的創造，是几千年来人类智慧的結晶，也是全世界科学家們坚苦劳动的成果。这个成果必須用为人类造幸福，乃是天經地义的事情。作为一个医务工作者，我們必須加紧學習，加紧研究，使原子能更好地为和平服务。同时也必須竭力反抗，使这个巨大能量的源泉不至于为帝国主义用来毁灭人类的文明。正如中国科学院郭沫若院長所說的：“这是全人类必須共同担負的斗争責任，而尤其是科学家們的崇高的使命”。

## 第 2 章 原子族及有关物理学

C. F. Behrens

### 2.1 早期的学說

大多数人在今天都把原子認為是当然的事，而很少想到原子的存在只是一种学說。我們看不見原子，也不能拿起它来或翻过它来做个别的查究。如果有一个頑固的怀疑者硬要反对，并且說根本没有像原子那样一个东西，那么我們很多人或許很难証明原子确实是存在的。

把原子看作組成物体的砌塊的概念并不是很新的。这可以由日常生活中體驗到，就是我們用許多小的單位可以砌成一个大的集合体。我們还更进一步地意識到几乎每一件事都存在着一个“限度”，其中包括物質的可分性也有一定的限度。

古希臘人曾在这个問題上提出过各式各样的臆說。因为他們的意見一直到相当近代还深刻地影响着人們的思想，所以在这里值得叙說一下。約在公元前一千年时，堪納大(Kanada)就曾經用类似的原子学說去教人。在公元前600年左右，色斯(Thales)曾設想水是構成宇宙的主要基本成分，并把世界描繪成一个浮在水面上的平盤。阿那克西門斯(Anaximenes)和留西波斯(Leucippus)則認為土和空气是構成宇宙的基本成分。大約在公元前五百年时赫拉克利特斯(Heraclitus)又在这个概念的基础上增加了火。不久以后恩配多寇斯(Empedocles)提出了“土、气、水、火”的假說。德謨克拉圖(Democritus)是大家常談到的原子学說的最初提議者，他在公元前約四百年左右就談到所有存在着的東西都是由原子和空間所組成的，原子聚合的数目、大小和类型决定各种物質的多种特征。至于原子的一般类型，則德氏認為就是土、气、水和火。伯拉圖又在这个基础上增加了一个意見，就是原子具有一定的几何样式，这是結晶学的一个很合理的預言(圖2.1)。





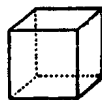
火



空气



水



土

圖 2.1 古代的原子概念

伯拉圖的学生亞里斯多德(公元前384—322年)摒棄了原子的觀念,并且把物体的組織簡化成一個簡單的“基本物質”或“精華”叫做實質(Hyle)。并認為在這個精華上,可以加上各種屬性如干、濕、冷、熱等。亞里斯多德的巨大的威信和影響使得這個觀念直到相當近代還很流行。這個觀念,再加上在整個中世紀時走向神秘主義的一般傾向,就很自然地助成了一些鍊丹者的幻想,希望能夠通過一些簡單的方法把廉價的物質變成貴重的金屬。

## 2 道爾頓(Dalton)的倍比定律

這樣,原子學說就沒有再流行。直到十七世紀,這時倍肯,波以耳和牛頓等對原子學說重新發生興趣。拉瓦結(Lavoisier)在十八世紀提出了物質不滅定律,并且把某二十八種物質列為元素。在十九世紀早期道爾頓証明了倍比定律;這個定律指出任何一個化合物內,各種元素的比例是固定不變的。這就很容易說明有關元素的一定單位或原子必然根據固定的比例而互相結合。事實上,在任何其他基礎上,頗難解釋為什麼化合物中各種元素之間的比例是固定不變的。

此外還應當指出,有一些物質用任何辦法也不能把它們分成更簡單的成分。例如利用熱和化學反應,可以由鐵礦里得出鐵來,可是如果能把鐵再分解成什麼其他的东西就不可能了。人們可以用盡一切的方法去分解現有的無數種化合物,但是最終總會得到一些不能再簡化的物質。

## 2.3 閃爍(Scintillations)和閃爍鏡(Spinthariscopes)

最後由我們所熟知的鐳針盤的一些現象里,可以推論出原子的存在。通過一個簡單的透鏡可以看到里面不是一種發光的作用,而是無數的火花;這些火花是具有特種原子質量的氮的小顆粒沖擊硫化鋅的結果。利用具有一個含硫化鋅的螢光板、一個簡單