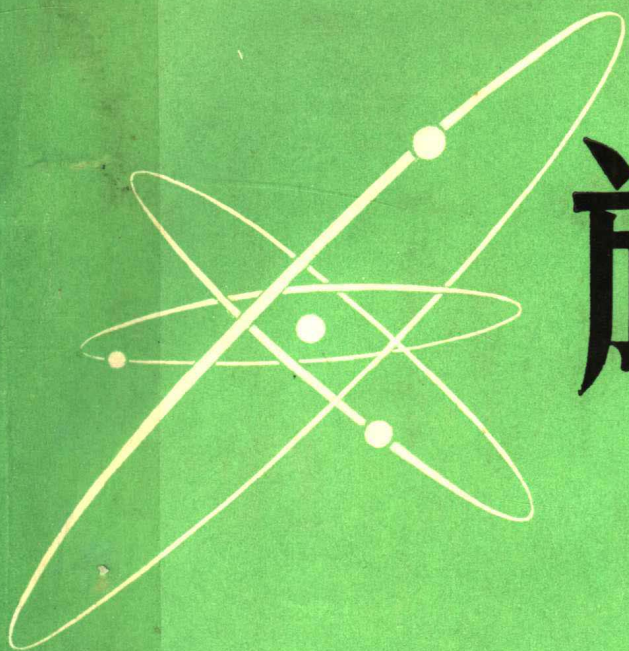




放射医学

FANGSHE YIXUE



吉林医科大学

目 录

第 四 篇 放 射 毒 理

绪 论

第二十章 放射性核素在机体内的行径代谢规律

一、放射性核素进入体内的原因和途径..... 5	和影响分布的因素.....14
(一)、具有毒理学意义的 常见的放射性核素..... 5	(三)、研究分布的意义.....18
(二)、放射性核素进入体内的原因..... 6	四、放射性核素在体内的代谢.....18
(三)、放射性核素进入体内 的途径和主要生物环节..... 7	五、放射性核素自体内排出 和在体内的存留.....20
二、放射性核素在体内的吸收..... 8	(一)、排出途径及排出的动态过程.....20
(一)、各种途径的吸收率..... 8	(二)、有效半排出期和排出的规律.....21
(二)、各种途径的吸收速度 和在血中含量的变化.....11	(三)、放射性核素在体内的存留.....22
(三)、研究各途径吸收的意义.....11	六、研究放射性核素在体 内行径的卫生学意义.....24
三、放射性核素在体内的分布.....11	(一)、为修订内照射最大容 许标准提供有关参数.....24
(一)、分布类型和分布规律.....11	(二)、为修订手及皮肤表面放射性污 染的容许水平提供有关资料.....25
(二)、分布的动态过程	

第二十一章 放射性核素内照射引起的损伤与反应

一、影响放射性核素对机体作用的因素.....25	(二)、慢性内照射放射病.....39
(一)、放射性核素理化特性的影响.....25	1. 第一阶段——易激期.....40
(二)、放射性核素进入体内的剂量、方 式及途径等因素的影响.....27	2. 第二阶段——假愈期(代偿期).....40
(三)、种属、个体敏感性 及机体状态的影响.....30	3. 第三阶段——症状明显期.....41
二、放射性核素内照射损伤 的病理和生化学变化.....31	(三)、内照射放射病的诊断依据.....42
(一)、内照射损伤的病理变化.....31	四、放射性核素内照射损伤的远期效应.....42
(二)、内照射损伤的生化学变化.....36	(一)、体重减轻和寿命缩短.....42
三、放射性核素内照射放射病的特点.....38	(二)、白血病等血液疾病.....43
(一)、内照射放射病的特点.....38	(三)、肿瘤.....43
	(四)、性功能及生育能力失常.....46
	(五)、对子代的影响.....46

第二十二章 放射性核素中毒的急救和促排措施

一、放射性核素中毒的急救治疗原则	47	5. 评价络合剂优劣的依据	53
二、减少放射性核素的吸收(急救)	48	(二)、柠檬酸锆(胶体清除剂)的应用	55
(一)、食入放射性核素时的急救	48	(三)、影响生理功能的方法	55
(二)、吸入放射性核素时的急救	48	1. 影响骨质代谢的方法	55
(三)、伤口污染时的急救	48	2. 增强利尿	56
三、加速放射性核素的排除(促排)	49	3. 阻断胃肠道的再吸收	57
(一)、络合剂的应用	49	4. 改变网状内皮系统的功能	57
1. 氨基酸络合剂	49	5. 其他方法	57
2. 羧基络合剂	52	(四)、洗肺疗法	57
3. 巯基络合剂	52		
4. 聚磷酸络合剂	53		

第二十三章 核燃料毒理学

一、铀毒理学	58	1. 铀 ²³⁸ 的吸收	70
(一)、铀的辐射特征和理化学特性	58	2. 铀 ²³⁸ 在体内的分布	72
(二)、铀在体内的行径	59	3. 铀 ²³⁸ 自体内的排出	76
1. 铀的进入途径和吸收	60	(三)、铀 ²³⁸ 的毒理作用	77
2. 铀在体内的分布	60	1. 铀 ²³⁸ 的毒性	77
3. 铀自体内的排除	65	2. 铀 ²³⁸ 对机体的急性损伤	78
(三)、铀的毒理作用	66	3. 铀 ²³⁸ 对机体的慢性损伤及远期效应	79
1. 铀的毒性	66	(四)、体内铀的加速排除	80
2. 急性铀中毒	67	三、钍毒理学	83
3. 慢性铀中毒	68	(一)、钍的辐射特征和理化学特性	83
(四)、体内铀的加速排除	69	(二)、钍在体内的行径	85
二、钚毒理学	70	(三)、钍的毒理作用	88
(一)、钚的辐射特征和理化学特性	70	(四)、体内钍的加速排除	90
(二)、钚在体内的行径	70		

第二十四章 铀系主要元素毒理学

一、镭毒理学	92	(二)、钋在体内的行径	97
(一)、镭的辐射特征和理化学特性	92	(三)、钋的毒理作用	96
(二)、镭在体内的行径	92	(四)、钋及其子体损伤的早期诊断和防治措施	100
(三)、镭的毒理作用	94	三、钋毒理学	101
1. 镭的毒性	94	(一)、钋的辐射特征和理化学特性	101
2. 急性镭中毒	95	(二)、钋在体内的行径	101
3. 慢性镭中毒	95	(三)钋的毒理作用	104
(四)、体内镭的加速排除	96	(四)、体内钋的加速排除	106
二、钋毒理学	96		
(一)、钋的辐射特征和理化学特性	96		

第二十五章 超铀元素毒理学

一、概 述.....	108	四、镅毒理学.....	113
二、镅毒理学.....	109	(一) 镅的理化特性.....	113
(一)、镅的理化特性.....	109	(二) 镅在体内的行径.....	113
(二)、镅在体内的行径.....	110	(三) 镅的毒理作用.....	114
(三)、镅的毒理作用.....	111	(四) 体内镅的加速排除.....	114
(四)、体内镅的加速排除.....	112	五、镎毒理学.....	114
三、镎毒理学.....	112	(一)、镎的理化特性.....	114
(一)、镎的理化特性.....	112	(二)、镎在体内的行径.....	114
(二)、镎在体内的行径.....	112	(三)、镎的毒理作用.....	115
(三)、镎的毒理作用.....	113	(四)、体内镎的加速排除.....	116
(四)、体内镎的加速排除.....	113		

第二十六章 核裂变产物毒理学

一、放射性碘毒理学.....	116	(四)、体内碘 ¹³¹ 的加速排除.....	132
(一)、碘 ¹³¹ 的辐射特征		三、放射性铯毒理学.....	132
和理化特性.....	116	(一)、铯的辐射特征和理化特性.....	132
(二)、碘 ¹³¹ 在体内的行径.....	117	(二)、铯在体内的行径.....	133
(三)、碘 ¹³¹ 的毒理作用.....	119	(三)、铯的毒理作用.....	135
1. 碘 ¹³¹ 的毒性.....	119	(四)、体内铯的加速排除.....	136
2. 碘 ¹³¹ 治疗的反应.....	119	四、放射性稀土核素和钷 ¹⁴⁷ 毒理学.....	137
3. 碘 ¹³¹ 对甲状腺的损伤.....	120	(一)、放射性钷 ¹⁴⁴ 毒理学.....	137
4. 碘 ¹³¹ 的远期效应.....	120	(二)、放射性钷 ¹⁴⁷ 毒理学.....	139
(四)、体内碘的加速排除.....	121	(三)、放射性钷 ¹⁴⁷ 毒理学.....	141
二、放射性铯毒理学.....	123	(四) 放射性钷 ¹⁴⁰ 毒理学.....	142
(一)、铯的辐射特征和理化特性.....	123	五、其他核裂变产物毒理学.....	143
(二)、铯 ¹³⁷ 在体内的行径.....	123	(一)、放射性钷 ¹⁴⁰ 毒理学.....	143
1. 铯 ¹³⁷ 的吸收.....	123	(二)、放射性钷 ¹⁴⁰ 毒理学.....	143
2. 铯 ¹³⁷ 在体内的分布.....	124	(三)、放射性钷 ¹⁴⁰ 毒理学.....	145
3. 铯 ¹³⁷ 自体内的排出.....	127	六、放射性落下灰(混合裂	
(三)、铯的毒理作用.....	129	变产物)毒理学.....	146
1. 放射性铯的毒性.....	129	(一)、一般性质.....	146
2. 放射性铯的急、		(二)、在体内的行径.....	146
慢性损伤.....	129	(三)、对机体的毒理作用.....	148
3. 放射性铯的远期效应.....	131	(四) 加速排除措施.....	150

第二十七章 常用放射性核素毒理学

一、放射性磷 ³² 毒理学.....	151	(三) 体内磷 ³² 的加速排除.....	153
(一) 磷 ³² 在体内的行径.....	151	二、放射性铁毒理学.....	153
(二) 磷 ³² 的毒理作用.....	152	(一) 铁 ⁵⁹ 在体内的行径.....	153

(二) 铁 ⁵⁹ 的毒理作用.....	155	四、氟毒理学.....	157
(三) 体内铁 ⁵⁹ 的加速排除.....	155	(二)、氟的来源、辐射	
三、放射性钴毒理学.....	155	特征和理化学特性.....	157
(一) 钴 ⁶⁰ 在体内的行径.....	156	(二)、氟在体内的行径.....	157
(二)、钴 ⁶⁰ 的毒理作用.....	156	(三)、氟的毒理作用.....	158
(三)、体内钴的加速排除.....	156		

第五篇 放射卫生防护

第二十八章 作用于人体的电离辐射源

一、天然辐射源和天然放射性本底.....	159	(一) 电离辐射的最大容许	
(一) 宇宙射线.....	159	剂量当量和限制剂量当量.....	166
(二) 环境介质中的天然放射性元素.....	159	(二) 放射性核素的最大	
(三) 天然辐射源对人		容许浓度和限制浓度.....	168
体的照射剂量当量.....	161	(三) 放射性核素污染	
二、人工辐射源.....	163	表面的控制水平.....	175
三、电离辐射最大容许标准.....	165		

第二十九章 从事封闭源工作的卫生防护

一、防护原则和手段.....	176	用的射线探伤机的防护措施.....	193
(一) 时间防护.....	176	(二) 医疗用的射线	
(二) 距离防护.....	176	诊断机的防护措施.....	193
(三) 屏蔽防护.....	176	四、β射线的卫生防护.....	198
二、γ射线的卫生防护.....	177	(一) 对β射线的防护.....	198
(一) 时间和距离防护.....	177	(二) 对韧致辐射的防护.....	199
(二) 屏蔽防护.....	179	五、中子的卫生防护.....	200
三、x射线的卫生防护.....	193	(一) 不纯中子源.....	200
(一) 医疗用的x射线治疗机和工业		(二) 纯中子源.....	200

第三十章 从事开放源工作的卫生防护

一、开放型放射性工作单位的分类		(二) 开放型放射性工作场所	
及其工作场所的分级.....	202	房间的组成及其配置原则.....	205
(一) 开放型放射性核素的毒性分組.....	202	(三) 开放型放射性工作场所	
(二) 开放型放射性工作单位		建筑设备的卫生要求.....	207
的分类及其工作场所的分级.....	203	三、个人防护和个人卫生措施.....	208
二、开放型放射性工作单位的设置和		(一) 个人防护用品.....	208
工作场所建筑设备的卫生防护要求.....	204	(二) 个人卫生措施.....	210
(一) 选址和布置.....	204	(三) 执行安全操作规程.....	211

第三十一章 消除放射性沾染和放射性“三废”处理

一、消除放射性沾染.....	212	二、放射性“三废”处理.....	220
(一) 消除放射性沾染的基本原理.....	212	(一) 液体放射性废物的处理.....	220
(二) 除沾染剂的种类.....	213	(二) 放射性废气的处理.....	223
(三) 物体表面除沾染.....	216	(三) 固体放射性废物处理.....	227
(四) 皮肤卫生处理.....	218		

第三十二章 辐射监测和保健措施

一、辐射监测.....	229	和定期健康检查.....	232
(一) 辐射监测的目的.....	229	(二) 从事放射性工作的不适应症.....	232
(二) 辐射监测的分类.....	229	三、从事放射性工作人员的保健食.....	233
(三) 辐射监测的有关问题.....	230	(一) 保健食的意义.....	233
二、健康检查.....	231	(二) 保健食的供应原则.....	233
(一) 就业前健康检查.....		(三) 几点意见.....	233

第三十三章 放射性核素和射线在国民经济中应用的卫生防护

一、放射性核素和射线在机械制造		涂料的职业性危害.....	239
工业中应用的卫生防护.....	235	(三) 应用放射性发光涂料	
(一) γ 探伤作业的卫生防护.....	235	工作的卫生防护措施.....	239
(二) 机件磨损的卫生防护.....	236	三、放射性核素和射线在医	
二、放射性发光涂料在钟表和仪		学中应用的卫生防护.....	240
表工业中应用的卫生防护.....	238	(一) 操作钴 ⁶⁰ 治疗机工作的卫生防护...	240
(一) 应用放射性发光		(二) 镭疗工作的卫生防护.....	241
涂料的工艺过程.....	238	(三) 应用开放型射线...	
(二) 应用放射性发光		源治疗的卫生防护.....	243

第六篇 放射损伤临床

第三十四章 急性放射病

一、病因.....	245	四、诊断.....	254
二、分类.....	245	(一) 早期分类.....	254
三、临床表现.....	246	(二) 临床诊断.....	255
(一) 造血型放射病.....	246	(三) 实验室检查.....	256
1. 轻度急性放射病的临床特点.....	246	五、药物预防.....	259
2. 中、重度急性放射病.....	246	(一) 巯基类化合物.....	259
3. 极重度急性放射病.....	250	(二) 不含巯基的氨基酸及胺类.....	260
(二) 肠型放射病.....	251	(三) 致缺氧物质.....	260
(三) 脑型放射病.....	252	(四) 雌性激素(雌二	
(四) 中子损伤特点.....	253	醇, 乙烯雌酚).....	260

(五) 其他预防药——	
维生素、植物硷等……………	260
六、治 疗……………	261
(一) 积极抢救, 尽快	
作出早期分类诊断……………	261
(二) 消毒隔离, 加强护理……………	261
(三) 狠抓早期治疗……………	261
(四) 抗感染……………	262
(五) 抗出血……………	262
(六) 输 血……………	263
(七) 骨髓移植……………	263
(八) 促进造血药物……………	263
(九) 其他对症治疗法……………	263
(十) 不同程度放射病分期治疗要点…	264

第三十五章 核 爆 炸 复 合 伤

一、病 因……………	265	(三) 烧放冲复合伤的临床特点……………	274
(一) 光辐射……………	266	四、诊 断……………	274
(二) 冲击波……………	266	(一) 掌握核武器爆炸情况……………	274
(三) 早期核辐射……………	266	(二) 了解受伤史……………	274
(四) 放射性沾染……………	267	(三) 临床经过体征……………	275
二、损伤概况……………	267	五、急救与防治原则……………	276
(一) 伤员多, 伤势重……………	267	(一) 急救原则……………	276
(二) 伤员复杂……………	269	(二) 放烧冲复合伤治疗原则……………	277
三、临床特点……………	270	(三) 烧冲和烧放冲复合	
(一) 放烧冲复合伤的临床特点……………	271	伤的治疗原则……………	278
(二) 烧冲复合伤的临床特点……………	273		

第三十六章 慢 性 放 射 病

一、发病原因……………	279	(三) 与无黄疸型传染性肝炎鉴别……………	288
二、临床表现……………	280	(四) 与再生障碍性	
(一) 自觉症状……………	280	贫血(慢性型)鉴别……………	288
(二) 体征……………	281	(五) 与苯中毒鉴别……………	289
1. 神经系统的变化……………	281	五、分度及处理原则……………	289
2. 皮肤营养障碍……………	281	(一) 分度依据……………	289
3. 眼晶体改变……………	281	(二) 分度及处理原则……………	289
4. 其 他……………	282	(三) 几点说明……………	290
(三) 实验室检查……………	282	六、治 疗……………	290
三、诊 断……………	286	(一) 中西医结合治疗	
(一) 射线接触史……………	286	神经衰弱症候群……………	290
(二) 有关症状和体征……………	287	(二) 中西医结合治疗白细胞减少症…	292
(三) 实验室检查……………	287	(三) 止 血……………	292
四、鉴别诊断……………	288	(四) 其 他……………	292
(一) 与白细胞减少症鉴别……………	288	七、预 防……………	293
(二) 与神经衰弱鉴别……………	288	〔病例一〕、〔病例二〕……………	293

第三十七章 放射性物质中毒

一、铀中毒.....	296	1. 神经衰弱症候群.....	305
(一) 发病机理.....	296	2. 中毒性肝炎.....	305
(二) 临床表现.....	297	3. 血液系统改变.....	306
1. 急性铀中毒.....	297	(三) 诊断.....	307
2. 慢性铀中毒.....	297	(四) 治疗.....	307
3. 六氟化铀中毒的临床特点.....	298	三、镭中毒.....	308
4. 关于远期致癌作用问题.....	299	(一) 病因.....	308
(三) 诊断.....	300	(二) 临床表现.....	308
1. 急性铀中毒的诊断要点.....	300	1. 骨骼变化.....	309
2. 慢性铀中毒的诊断要点.....	300	2. 肿瘤.....	311
3. 尿铀测定.....	300	3. 神经系统与心血管功能的改变.....	312
(四) 治疗.....	301	4. 染色体畸变.....	313
(五) 预后.....	302	5. 其他.....	313
〔病例介绍〕.....	303	(三) 诊断.....	314
二、钍中毒.....	304	(四) 治疗.....	314
(一) 病理与病因.....	304	〔病例一〕、〔病例二〕.....	315
(二) 临床表现.....	305		

第三十八章 皮肤放射损伤

一、急性皮肤放射损伤.....	320	二、慢性皮肤放射损伤.....	325
(一) 分度.....	320	(一) 分类.....	325
(二) 病理变化.....	320	(二) 病理变化.....	325
(三) 临床表现.....	321	(三) 临床表现.....	325
1. 初期反应期.....	321	1. 慢性放射性皮炎.....	325
2. 潜伏期.....	321	2. 硬结性水肿.....	326
3. 基本反应期(症状明显期).....	321	3. 晚期溃疡或坏死.....	326
4. 恢复期.....	322	4. 放射性皮肤癌.....	326
(四) 诊断.....	322	(四) 治疗.....	326
(五) 治疗.....	323	〔病例一〕、〔病例二〕.....	327

第三十九章 电离辐射对机体作用的远期后果

一、射线受害者机体本身的远期损伤.....	331	(四) 视觉器官的改变.....	338
(一) 机体功能状态的一般变化.....	331	(五) 生殖系统的改变.....	340
(二) 造血器官的改变.....	332	二、电离辐射对后代的影响.....	341
(三) 射线的致癌作用.....	337		

附 篇 常 见 职 业 病

职业病的致害因素和范围

第四十章 生产性粉尘与尘肺

一、概 述.....	344	发病机理.....	349
生产性粉尘的来源.....	345	临床表现.....	352
生产性粉尘的种类.....	345	x 线征象.....	353
生产性粉尘对健康的影响.....	345	附：关于矽肺 x 线诊断	
粉尘对人体危害的有关因素.....	346	及其分期标准的说明.....	356
尘肺的分类.....	347	诊断及鉴别诊断.....	357
二、矽 肺.....	347	放射性矽肺的特点.....	359
接触矽肺作业.....	347	合并症.....	360
病 理.....	348	治 疗.....	362

第四十一章 生产性毒物与职业中毒

一、概 论.....	368	预 防.....	403
生产性毒物的形式.....	368	四、锰中毒.....	403
毒物的吸收、分布与排泄.....	369	理化特性.....	404
临床表现.....	371	毒 理.....	404
诊 断.....	376	临床表现.....	406
治 疗.....	377	诊断及鉴别诊断.....	407
二、铅中毒.....	383	治 疗.....	408
接触铅及铅化合物的工业.....	383	预后及劳动力鉴定.....	409
理化性质.....	383	预 防.....	410
毒 理.....	383	五、苯中毒.....	410
临床表现.....	388	理化特性.....	410
诊断及鉴别诊断.....	391	毒 理.....	410
治 疗.....	394	临床表现.....	413
预后及劳动力鉴定.....	394	诊断及鉴别诊断.....	414
预 防.....	394	治 疗与处理原则.....	416
三、汞中毒.....	395	预 防.....	417
主要接触汞的作业.....	395	六、刺激性气体中毒.....	417
理化性质.....	396	分 类.....	418
毒 理.....	396	临床表现.....	418
临床表现.....	399	治 疗.....	427
诊断及处理原则.....	401	预 防.....	429
治 疗.....	402		

第四十二章 工业职业性皮肤病

一、原因	430	(八) 粘膜的变化	433
二、发病机理与影响发病的因素	431	四、诊断	433
(一) 发病机理	431	五、治疗原则	435
(二) 影响发病的因素	432	(一) 急性皮炎	435
三、一般临床表现	432	(二) 亚急性皮炎	435
(一) 急性皮肤炎	432	(三) 慢性皮炎	435
(二) 职业性湿疹	433	六、几种主要化学性因素	
(三) 痤疮、毛囊炎	433	所致皮肤损伤的特点	436
(四) 皮肤溃疡及鼻中膈穿孔	433	(一) 化学性烧伤	436
(五) 皮肤色素变化	433	(二) 金属及金属盐类所致皮肤病	439
(六) 皮肤疣状增生	433	(三) 某些有机化合物所致皮肤病	440
(七) 皮肤附件变化	433	七、预防	443

第四十三章 其他物理因素及其危害

一、高温作业与中暑	444	预防	1
高温状态下人体的变化	444	三、振动病	451
高温中暑	445	基本概念	451
二、职业性耳聋	448	振动源及分类	452
一般概念	448	临床表现	452
发病机理	448	诊断及鉴别诊断	453
分类及临床表现	449	治疗	454
诊断	450	预防	455
治疗	450		

附 录:

附表 8. 放射性单位与单位时间衰变数及其相互换算	456	附表 11. 某些放射性核素的比活性	457
附表 9. 能量单位及其相互换算	456	附表 12. 希腊字母表	458
附表 10. 时间单位及其相互换算	456	附表 13. 化学元素用字读音表	459
		附表 14. 化学元素周期表	461

学的研究是极为重要的。

（二）国民经济建设上需要：

我国的科学已发展到原子技术水平，原子能和放射性核素正日益广泛地应用于国民经济各部门和工农业生产，及自然科学各领域中，为社会主义建设和广大劳动人民服务。随之而来的，人们接触放射性核素的机会增多了，放射性废物污染大气、土壤和水源的可能性增加了。有关放射卫生防护，包括环境、个人、生产程序中的卫生防护，都需要放射毒理学的基础知识。从此意义上看，放射毒理学是内照射防护的基础。因此，为了防止及控制放射性核素对机体可能引起的损伤，保障国家的社会主义建设，放射毒理学的研究成为放射生物学、放射医学中极为重要的一部分。

（三）科学事业发展的需要：

原子能科学事业的蓬勃发展，给医学上提出了许多有待解决的新问题，例如放射性核素小剂量慢性作用对机体的影响及它的阈值，长寿命放射性核素蓄积体内尤其是骨骼内的加速排除，体内放射性核素最大容许积存量及水和空气中放射性核素最大容许浓度的生物学依据等等。这些问题的解决，对促进原子能科学事业的发展具有很大作用。因此，放射毒理学的研究，具有很重要的理论意义和实际价值。

三、放射毒理学的研究方法

“人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。”“通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理。”放射毒理学的研究，通常包括实验研究，现场调查，临床观察等。下面仅侧重实验研究的一般方法予以概述。

（一）实验动物的中毒方法：

1. 经呼吸道吸入：呼吸道吸入方法较为复杂，需要设计符合各种实验动物的吸入中毒装置。通常借静力中毒和动力中毒装置，使动物吸入含放射性核素的气体（或气溶胶），或以气管内注入的方法造成中毒。静力中毒是将动物放入含一定浓度（或比活性）的放射性气体的密闭的中毒装置内，放置一定的时间。动力中毒的特点是中毒装置具有较完善的调节系统，能够保持恒定的浓度、温度、湿度等，近于生产环境的自然条件。

2. 经口进入：是将放射性核素按一定比活性混入水或食物内饲养动物；或用移液管吸取一定量的液态放射性核素，直接滴入动物口腔内，令其自动咽下；或者借助导管灌胃。

3. 经皮肤或伤口进入：在预先去毛的皮肤上或造成的伤口上滴加或涂抹放射性液体。以小白鼠或大白鼠实验时，也常用浸尾法。

4. 静脉、腹腔、肌肉和皮下注射，在动物实验中常用。通常使用结核菌素注射器，或特殊的微量注射器。

（二）动物排泄物的收集：

研究放射性核素在体内的分布和排出的规律时，常要收集动物的粪和尿，以测定其放射性活性。动物的粪、尿，常用代谢笼收集。

(三) 体内和生物样品中放射性核素的定量分析:

研究放射性核素在整个机体内以及各系统、器官内的分布、蓄积和动态变化,必须运用体内和生物样品中放射性核素的定量分析方法。这类方法主要有:

1. 生物样品放射性测定法。根据研究目的选取样品,经一定方法(干灰化、湿灰化、拟湿灰化、厚层和薄层样品制备)处理后,以辐射探测仪器(如定标器)测定其放射性。

2. 放射自摄影和显微放射自摄影法。

3. 放射化学分析法。

4. 体外测量法(整体测量法)。

近年来先进方法和技术发展很快,如整体测量装置、微型组织剂量仪、多道脉冲分析技术、低水平测量技术、显微放射自摄影等,在毒理学的研究中起了显著的作用。

(四) 毒理效应的观察:

放射性核素对机体的损伤作用是多种多样和错综复杂的,因此,在探讨放射性核素内照射损伤的规律时,需用机能、形态及生化等检查方法和技术(如脑电、心电、条件反射、电子显微镜、电泳和层析法等),而这几方面有机地配合起来更为重要。

在放射毒理学研究中,极重要的内容之一,就是小剂量放射性核素一次或长期多次进入体内所致的慢性损伤。进行这种研究,需要采用慢性实验的方法和技术。

最后,必须强调指出,放射性厂矿和原子能企业的现场调查及临床观察,是放射毒理学研究中很重要的方面。注意积累以下资料有很大的实际价值和理论意义。

1. 偶然事故中发生的急性中毒病例。

2. 现场调查中发现的慢性中毒病例。

3. 从事放射性核素工作人员的定期健康检查所积累的资料。

4. 用放射性核素治疗某些疾病时患者的反应,以及以后的随访观察。

四、放射毒理学与有关学科的关系

放射毒理学,是包括放射性核素内照射时机体变化的一门综合性的学科,因此,它与其他学科有广泛的联系。

放射性核素除单独、直接地进入人体外,往往伴随尘埃、空气、有害气体或可食的动植物制品一同进入人体,或通过放射性核素污染其他物品而间接地进入人体。因此,当结合人们的居住、生活和生产等因素研究放射性核素进入体内的途径和吸收的数量等问题时,必须有卫生学和放射生态学的有关知识。

放射性核素及其化合物在体内的行径、代谢规律和损伤作用,与其所具有的物理、化学特性有密切的联系。因此,了解和研究以上问题时,必须具备物理学、化学和物理化学(尤其是放射物理学和放射化学)的理论知识。此外,估算放射性核素在体内形成的辐射剂量,探讨加速体内放射性核素的排除,必然与辐射剂量学、无机化学和有机化学(尤其是络合物化学)有密切的联系。

了解和研究放射性核素对机体的损伤作用及其机理,必须以唯物辩证的观点为指导,并以生物学(尤其是放射生物学)、生理学、生物化学、病理学(尤其是放射生物化

学和放射病理学)的理论知识为基础。在研究损伤的症状和治疗时,又与放射损伤临床医学、内科学和药理学(尤其实验治疗学)相联系。

在进行放射毒理学的实验研究时,为了控制和免受污染,保障自身的健康,必须切实地应用放射卫生学知识。

同时,放射毒理学的研究,又为放射卫生学、放射生物学和放射损伤临床等学科的有关内容,提供理论基础和资料。

五、放射毒理学发展概况

射线被发现后不久,它的生物学作用就引起了人们的注意。发现铀的天然放射性的 H. Becquerel 曾身受射线的危害。但是最早注意到放射性物质对机体内照射危害作用的是 P. Curie。他在 1904 年在动物身上做过氧 (Rn^{222}) 中毒试验,并曾用放射自摄影方法研究氧在动物体内的分布。同年, E. Лондон 在“论镭射气”一文中曾报导小鼠和青蛙在吸入氧后引起中毒,证明氧可使动物死亡,并发现氧能引起皮炎、溃疡,及血液有成分的变化。此后,就出现了“放射性毒理作用”(Radio-toxicological effect) 的概念。

1912 年 Gulgent 报导过患关节炎的妇女因注射镭 $^{224}(Ra^{224})$ 后,引起典型的急性放射病而致死的病例。

1915—1930 年间,许多国家用镭治疗高血压及关节炎等疾病;工业生产中应用含新钍 ($MsTh$) 的发光涂料,由于对放射性物质的危害性认识不足,及资本家忽视防护条件,致使上述人员在 1925 年后相继发生了肿瘤、贫血、骨坏死等远期效应。这些事实逐渐引起了人们的重视。

近三十年来,尤其在 1950 年以后,由于放射物理学、辐射剂量学、放射生物学、放射医学、放射化学及放射性测量技术等有关学科与技术的迅速发展,大大促进了毒理学的发展。放射性核素在国民经济各部门的广泛应用,特别是各种核武器的试验及制造,给毒理学提出了更多的任务与要求。所以它的研究也就在较大规模的基础上,系统地开展起来。有关放射性核素中毒的病例及实验研究的文献资料也日益增多。到目前为止,放射毒理学已逐渐形成为一门新的独立学科。

解放前,我国的原子能科学事业是空白领域。新中国成立后,党和政府非常重视科学的发展,壮丽宏伟的社会主义建设给科学事业的发展开拓了广阔的前景。全国人民在党和毛主席的英明领导下,在毛主席无产阶级革命路线指引下,奋发图强,自力更生,在短短十几年的时间内,相继建成了实验性反应堆,成功地爆炸了原子弹、导弹和氢弹,放射性核素广泛地应用,使我国的科学事业跃进到原子技术的现代水平。随之,放射毒理学的研究也相应地开展起来,并获得一定成果。

当前,国内外革命形势一派大好。在这种大好形势下,迅速发展我国的原子能科学事业具有重大的政治意义。我们必须遵照毛主席关于“一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平”的伟大教导,以毛泽东思想为指针,充分发挥社会主义制度的优越性和广大革命群众的积极性,大力开展放射医学的研究,使原子能更好地为劳动人民的健康服务。

第二十章 放射性核素在机体内的行径代谢规律

一、放射性核素进入体内的原因和途径

(一) 具有毒理学意义的、常见的放射性核素

在元素周期系中,原子序数83以上的元素都是放射性元素,其他所有元素都有它们各自的放射性同位素。但是,具有毒理学意义的、常见的放射性核素,主要有以下三类:

1. 原子能工业生产的核燃料及铀系主要衰变子体:铀(U^{238} , U^{235} , U^{233}),钚(Pu^{239}),钍(Th^{232}),铀系主要衰变子体——氡(Rn^{222}),镭(Ra^{226}),铅(Pb^{210})和钋(Po^{210})。放射性厂矿开采、冶炼过程中常遇到的,主要是铀化合物和钍化合物,及其衰变子体。

在生产钚的企业中,还可遇到其他超铀元素,如镎(Np^{237} , Np^{238}),镅(Am^{241} , Am^{242}),锔(Cm^{242})等。

2. 工农业生产、科学研究和医疗部门中常用的人工放射性核素:磷(P^{32}),碘(I^{131}),硫(S^{35}),钠(Na^{24}),金(Au^{198}),铁(Fe^{55} , Fe^{59}),钴(Co^{60}),锌(Zn^{65}),钙(Ca^{45}),锶(Sr^{85} , Sr^{89} , Sr^{90}),钇(Y^{90}),碳(C^{14}),氚(H^3)等。

3. 核能装置(如实验性反应堆,原子能电站)运转和核武器爆炸时所产生的核裂变产物。核能装置所生产的裂变产物,经分离、提纯后可应用于工农业生产及科学研究中。

核武器爆炸所产生的放射性物质可大致分为三类:

(1) 裂变产物:它是放射性落下灰的重要组成部分,是重核分裂时产生的原子序数为30—64的35种元素(Zn—Gd),约200余种放射性核素,并以质量数为85—104及130—149的核素为最多。它们具有不同的辐射特征。其中大部分属半衰期为数秒至数天的短寿命核素,长寿命核素所占比例不大,但它随爆炸后所经历的时间相对的逐渐增加。如放射性锶在爆炸后最初几分钟只占总放射性的万分之几,而一年后则约占4%。在毒理学上意义较大的有: Sr^{89} , Sr^{90} — Y^{90} , Y^{91} , Ce^{144} — Pr^{144} , Pm^{147} , Zr^{95} — Nb^{95} , Ba^{140} — La^{140} , Ru^{106} — Rh^{106} , Cs^{137} , I^{131} , Mo^{99} 等。评价裂变产物毒理学意义的依据是:在核裂变中的产额;物理半衰期;在生物循环中能否转移到人的饮食环节中;进入人体内的吸收率;在人体内蓄积的器官和滞留时间;对人体的危害性等。

(2) 感生放射性物质:核武器爆炸时,重核裂变所释放出的中子被土壤、空气、水和粮食等内的稳定性元素(如P, Mg, Na, Si, Ca, Cu, Fe, Mn等)俘获,而变为放射性元素。其产额主要决定于核爆炸形式和物质中易被中子激活的元素含量。含钠、磷等无机盐类多的物质,感生放射性的产额较高。如海水含钠很多,所以核武器水下爆炸时,钠²⁴是主要的污染源之一。尽管这样,它造成大气、水、地面和物体放射性污染是次于核裂变产物的。

(3) 未裂变的核燃料:一般认为核武器爆炸时,只有30—50%的核燃料裂变,其

余部分在爆炸时化为蒸汽，而后凝结成灰尘状，成为放射性落下灰的组成之一，但是它在放射性落下灰中的贡献很小。

核爆炸时裂变产物的产额相当大。据报导一般原子弹爆炸后1分钟，其总放射性达几千亿居里之多，以后则迅速降低，在爆炸后10分钟和一天时，就只剩下百分之几和万分之几。这些放射性物质在火球的高温作用下与灰尘融熔在一起，上升到高空大气层。通常，在爆后最初几天内，约有70%的放射性核素降落到地面，以后则每年仅有剩余的10%降落。降落的放射性物质可污染广大地区，例如1954年3月美国在南太平洋比基尼岛的氢弹爆炸试验，使11200平方公里的地区受到污染；距比基尼岛直径在3200公里的范围内，鱼类受到明显的污染；日本仅在1954年3—11月捕获的鱼中，由于放射性高于容许标准不能食用的数量，即达数万吨。因此，放射性落下灰不仅污染大气，也可污染土壤、水源、粮食以及各种生物，并通过各种生物循环环节进入人体。

此外，在战时帝国主义也可使用放射性战剂，即核裂变产物以炮弹、炸弹等方式应用。

近十几年来，帝国主义为了进行核讹诈，准备核战争，进行了几百次的核武器试验。于1963年7月美英苏三国在莫斯科签订的部分禁止核试验条约，是愚弄世界人民的大骗局，是企图巩固他们核大国的垄断地位，而把我国和其他国家的手脚束缚起来。它不仅没有减少帝国主义尤其是社会帝国主义对我国人民及世界人民的核威胁，反而加重了这种威胁。美、苏两个超级大国不断地生产、储备、试验、输出和扩散核武器的事实，充分地说明了这一点。伟大领袖毛主席教导我们，对敌人的方针是“针锋相对，寸土必争”。敌人磨刀霍霍，我们绝不能放松警惕。我国进行有限制的核试验，发展核武器，以加强国防建设和保卫世界和平是完全必要的，非常正当的。我们就是“用革命战争反对反革命战争。”我国连续成功地进行核试验，大长了世界各国革命人民的志气，大灭了帝国主义、现代修正主义和各国反动派的威风，进一步打破了美苏两霸的核垄断地位，沉重地打击了他们的核讹诈政策。因此，我国成功地进行核试验，发展核武器，给世界革命人民以极大的鼓舞，世界革命的人民对此给予了高度的评价和赞扬。

（二）放射性核素进入体内的原因

放射性核素进入体内的原因，通常有以下几种：

1. 放射性核素工作事故：

（1）核能装置事故：这种情况，不仅使现场人员受到大剂量的 γ 射线和中子的外照射，同时还有大量的核裂变产物进入体内。周围的空气、水源和食品均可受到严重污染。但是，如果严格控制和处理，也可避免发生内照射损伤。

（2）分离、提纯核裂变产物工作中的事故。

（3）放射性厂矿、企业生产过程中的事故。

（4）科学研究及治疗疾病过程中的事故。

上述几种事故，往往是由于未遵守卫生防护及操作规程，或意外的故障而发生的。在资本主义国家如美国、英国、法国等都曾发生过这类事故，造成工作人员的伤亡，及周围环境的严重污染。在我们国家里，由于党和政府极端重视防护工作，采取有效的安全防护措施，大的事故得以杜绝。但是也存在一些问题，值得今后加以改进。

2. 放射性废物处理不当：放射性固体、液体及气体废物处理不当时，除可直接进入人体外，还可污染周围环境，而通过生物环节进入人体内。

在原子能工业的各种生产工序中，均会产生大量废物。

(1) 铀、钍矿的开采、冶炼过程，产生大量放射性粉尘和放射性气溶胶，放射性废水，以及大量尾矿。

(2) 铀元件的制备和加工过程中，可产生高浓度的放射性粉尘、气体。

(3) 核反应堆正常运转过程中，可有冷却反应堆用的废水或废气。活性区可产生氙和氪。反应堆的辅助场所，如洗衣间、淋浴间以及放化实验室等，也会有相当量的废物。

(4) 核燃料再生过程中，可产生高活性的放射性废水，以及气态的裂变产物。

3. 核武器试验或核战争时，处于以下情况应特别注意放射性核素进入体内的可能性。

(1) 处于爆炸区附近或落下灰降落地点的无适宜防护措施的人员。

(2) 多次进入放射性沾染区的人员（如防护、监测人员和救护人员）。

(3) 必须于一定时期内在放射性沾染地区执行任务的人员或部队。

4. 误食放射性污染的食品，或误饮污染的水。

最后应当指出，上述情况只是放射性核素进入人体的几种可能性，如果采取有效的防护措施，它可大大地减少或完全避免。惧怕从事放射性工作的思想是错误的，是没有根据的。叛徒、内奸、工贼刘少奇散布的“活命哲学”必须彻底批判。

(三) 放射性核素进入体内的途径和主要生物环节

放射性核素进入人体的主要途径是呼吸道，胃肠道和伤口。某些放射性核素亦可透过皮肤和粘膜而进入体内。实验研究中，还常用静脉、皮下、肌肉和腹腔内注入。

放射性核素进入人体内所经过的主要生物环节有以下几种（图20—1）：

1. 饮用污染的水，或吸入污染的空气，即大气或水→人。

2. 食用在污染水源中生长的动植物，即放射性落下灰或放射性废物→水源→水草、浮游生物→鱼、虾、蟹等水产物→人。

值得注意的是，水生生物（如鱼、虾、蟹、水草、浮游生物等）有选择性地浓集放射性核素的能力。例如，鱼肉和鱼骨中的放射性可分别为水中放射性的15—30倍和760—1320倍。

被污染的水生生物（如鱼）在烹调时，骨骼中的放射性核素可进入可食部分中。例如煮鱼时，骨中的锶可因鱼汤 pH 不同而有10—15%进入汤中。

3. 食用以污染水灌溉或以污染土壤种植的农作物、蔬菜和水果等，即放射性落下灰或放射性废物→水源或土壤→农作物、蔬菜、水果等→人。

土壤中的放射性核素可被植物吸收，吸收情况随土壤性质、植物类别及核素的性质而异。例如砂土中的放射性核素比粘土中者易被植物吸收（大约为1—25%），锶比钍、钍等易被植物吸收；豆科植物较禾科植物吸收得多。放射性核素在植物各部分的分布也不同，例如锶有沉积于根、茎、叶的特性。

4. 食用污染水或农作物喂养的家畜、家禽的肉、乳或卵等，即放射性落下灰或放

放射性废物→水或农作物→家畜、家禽的肉、乳、卵→人。

当以污染的水或植物喂养动物时，动物机体受到污染。如人食此种动物的肉或乳和卵时，放射性核素即可随之进入人体。据文献报导，给母牛一次注射 Sr^{90} 后，第三天仍有 0.05% 进入乳中。铯¹³⁷ 比锶更易进入乳中（为 Sr^{90} 的 5 倍）。纽约市牛乳中 Sr^{90} 的含量达 3.3×10^{-12} 居里/克钙。

5. 食用污染的谷物或食品，即放射性落下灰或放射性废物→农作物（粮食或食品）→人。

6. 接触污染的物体，未进行清除即行饮食。各种物体表面的污染，由手或衣物等使放射性核素转移到体内的情况，值得职业性放射工作者特别注意。

还应指出的是，放射性污水排入水体后，由于河水的化学成分、温度、水力等条件的改变，而使河流的某些地段沉积有放射性沉渣，当人们游泳或其他原因与其接触时，则可使人体受到污染。

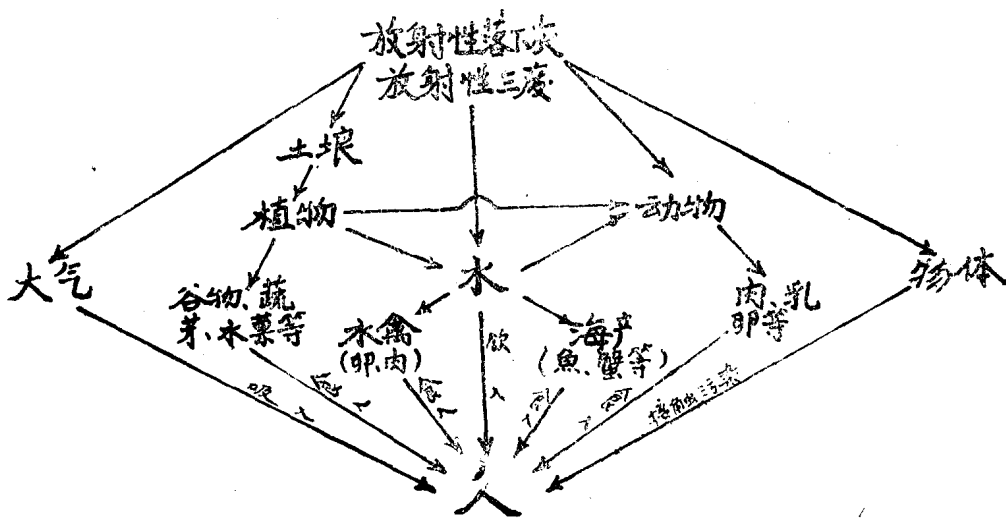


图20—1 放射性核素进入人体内的主要生物环节

研究放射性核素进入机体的途径和生物环节，在卫生防护上有重要的意义。因为，了解这一问题，可使从事开放性辐射源工作的人员，在实际工作和生产中，更加重视和贯彻实施安全操作规程及个人卫生防护措施。

二、放射性核素在体内的吸收

（一）各种途径的吸收率

放射性核素由各种途径的吸收，常以吸收率表示，即由进入途径吸收入血液的百分率（%）。

1. 胃肠道吸收：

放射性核素经口进入时，主要经小肠吸收入血（参见图20—3）。各种放射性核素在