

放射医学参考资料

(一)



中国医学科学院 放射医学研究所
科学情报研究室

8574

F

C.2

04

放射医学参考資料

(一)

中国医学科学院
放射医学研究所
科学情报研究室

放射医学参考資料 (一)

中国医学科学院 放射医学研究所 編輯出版
科学情报研究室

(北京东单三条五号)

北京市印刷一厂印刷

开本: 787×1092/32 印张 1 字数 20 千

1963年8月出版 内部发行

书号 63301 印数 1000 工本費 0.25 元

目 录

1. 事故与保健物理(1)
2. 放射线损害的处理(7)
3. Sr^{90} 落下灰和空气运动(14)
4. 原子弹伤害后残存者和对照者的贫血症(21)
5. 核爆炸后掩蔽体中热烧伤的生物学评价(24)

事故与保健物理

Edward J. Arakawa*

日本，广岛，原子弹受害委员会

在“关于原子能时代放射对人体影响的专题会议”上的发言。

日本，东京，日本科学委员会，1958年12月6日。

摘 要

本文详细的描述了1958年6月在田纳西州橡树岭(Oak Ridge)发生的一次核弥散的事故。这次事故的发生是由于含有90% U^{235} 的硝酸铀溶液偶然的进入到“不安全的”55加仑的鼓轮而引起的。5个工作人员受到了300—460 伦琴生物当量(rem)照射，另外3人受照剂量较少，分别为86, 86和29 rem。这次事故没有造成人身死亡。本文介绍了在事故发生后所采取的一些措施的保健物理的内容。

在开始前，请允许我给“保健物理”下一定义。保健物理是科学的一个部门，涉及到物理和生物—物理，涉及到照射与人体之间的相互作用，应特别强调放射工作者因职业所可能造成损伤的保护作用问题。亦有称之为“放射损伤控制”或“放射保护作用”等。保健物理是由工业医学、放射生物学、工业卫生、公共卫生、物理学、土木工程学和化学家所环绕的边缘课题^[1]。

很荣幸，我能有机会去访问这些著名的团体。根据高级人员对放射安全的态度，可以决定整个实验室的标准。大家应该了解这个问题的重要性，因为保健物理具有保密性质的。核安全的规则不应该也不

* 聘自美国，田纳西州，橡树岭国家研究所，保健物理部。

能受保健物理組織机构所限制。因此好的保健物理組織机构的一个重要的工作是教育和訓練所有的工作人員了解这个問題。1958年6月26日在橡树岭发生的故事是极重要的，因为它的污染面很广，并且排除的程序和核反应堆“爆炸”很类似^[2]。

那天，在含鈾量較大的回收部門发生了意外的核弥散：含有90% U^{235} 的硝酸鈾溶液(50克 U^{235} /升)偶然的进入到“不安全”55加侖的不銹鋼鼓輪。然后作为此系統漏出量試驗的水也进入鼓輪，产生了一种对核反应稳定的結構。經過一系列的振盪，最后由于加了水而使得反应停止了。根据警报器的記錄，整个反应持續了20分钟。面临的問題是在这种情况下如何处理它們。

在下午2:05时，整个机构的警报器声响起来了。在这种情况下指定了专人来計劃、轉移、管理。立即采取了紧急的有效的措施。将放射探测仪集中于紧急控制中心，对此区域作快速探测，清楚的了解机构內事故发生的情况，結果表明事故的发生較局限，并可作測定。将道路堵塞断絕交通以防止污染整个建筑。保健物理学家和管理人撤到第二个控制中心去发警报及进行詢問調查，并集合其他有关人員作为計劃位置观察，并通知在門口的工作人員。用测 β 和 γ 綫的仪器很容易发现接受大剂量中子照射的人[这些綫是从錷 (In^{115} , I^{116}) 箔放射出来的。它是这个区所用的胶片个人佩带剂量仪的标准成分]。通过这些观察，在工作人員当中发现了有高讀数的人。經過詢問，确証了事故发生在这个工作人員工作的地方。凡是有高的中子剂量个人佩带剂量仪的人均送去防治所作进一步試驗及医疗观察。于下午4:00在1,200个观察者中有12个人被送到防治所。

在下午4:30轉移过程中有一百人給4,500工人作箔的检查，发现所有人都受到明显的照射，但并没有发生明显的落下灰污染。整个晚上，收集了人們通过工厂門口对所有的个人佩带剂量仪，并进行了測定。

在下午3:00和4:00，探测队到停車場进行检查，并没有 β 和 γ 的污染，汽車全离开了停車場。同时在野外設有大体积空气样品的检查点，发现最大浓度为 2.5×10^{-11} 微居里/毫升($\mu\text{c}/\text{cc}$)的 β 和活性，

它是低于最大允许浓度 10^{-9} 微居里/毫升($\mu\text{c}/\text{cc}$)。

必须指出：用军事上严格的方法处理上述一系列的事件，这并非是多余的。其中牵涉到许多人的任一步骤都可能引起混乱。主要是由于2个原因：(1)没有放射损伤的建筑物中的警报器也响起来了。(2)在事件发生不久，就有许多人进入或离开此地区。

但仍存在着2个未解决的问题：(1)如何处理所有的放射源？(2)8个受照射最严重的人所接受的剂量是多少？

在下午5:20对反应堆周围的广大地区立即进行探测。放射性读数的范围为60毫侖/小时(距鼓輪10呎)至1,400毫侖/小时(距鼓輪15呎)。

在当天傍晚，經管理局、放射控制专家以及监察处对有价值的证据作出评价后，得出这样的结论：为防止在55加侖鼓輪中危险的重新发生采取了最适当的措施：将镭金属放入到含有毒物的溶液中。下午9:30用10尺长的导管操作，将卷軸薄片投到鼓輪中。硝酸和镭猛烈反应产生了预定的结果，从溶液中除去了气体分裂产物，明显的提高了空气中的活性水平。

处理了立即损伤，采取了去污染和除去放射性物质的必要措施，并在一周内使一切很快成为正常操作。

在铝箔活性的基础上可以粗略估计所受的照射剂量，但对于精确的测定要求来说，薄片方法并不是很合适的，因为人体吸收的只是从危险的反应而产生的放射性之一部分可估量的，这样薄片反应与其他个人测量仪一起，则既决定于在体表的位置又取决于离开放射源的情况。用驴子的实验指出，驴子身体的影响使活性降低8倍。表I表明用这个方法所测得的剂量。

用Na激活作用方法是剂量测定最正确最可靠的方法。反应而得的快速中子进入身体，并被组织中的氢、氧和碳所缓和。许多被缓和了的中子被氢捕获，有些被 Na^{23} 捕获形成放射性同位素 Na^{24} ，放出2种 γ -线；能量各为2.75百万电子伏特和1.38百万电子伏特。身体中有一部分在血中的钠，当它由心出来时变成混合的，因此最后放射性钠的浓度成为一个定值，成为快速中子最初总流动的标志，平均

超过整个身体。这个指标完全决定于身体方向和在围绕反应装置的快速中子产地中所停留的时间。当然，测定血中放射性钠的量并不能计算放射性的剂量，还需要其他2个经验因素：(1) 考虑反应的 γ 剂量与中子剂量的比。(2) 血钠活性和快速中子的剂量。为确定后者，以模型的反应照射大动物(驴)，其与事故游散反出的中子光谱相同。选择驴子是因为它的大小和面积与人较接近。同时人和驴子的血量与全身体重的比是很近的，驴身体6.7%的血，而标准的人的为7.7%。

在模型实验中，用 CO_2 的电离室测定 γ -射线剂量，而用强快速中子均衡计数器测中子剂量^[3]。

实验的第二部分，用48拉(rad)的中子剂量在同一部分照射，在此部分测定 γ 射线和中子剂量。用在受照人的病例中所用的同样精确的程序画下并计算血样。用下列关系式可测定个人所受的中子剂量。

$$D_n(H) = \frac{Na(H)}{Na(B)} 48 \text{ rads}$$

在实验的最初部分测定 γ 剂量时，通过中子剂量的产物以及 γ 对中子剂量比例可测得 γ 剂量。

表II是表示用这个方法测得的剂量。

表 I 锶活剂量测定

工作人员	锶激活作用 (dis/分/克)	中子剂量 (rad)	γ 剂量 (rad)	总剂量 (rad)	总剂量 (rem)*
"A"	2.28 10^8	43	126	174	222
"B"	1.48 10^8	31	94	125	186
"C"	2.40 10^8	50	140	190	240
"D"	1.92 10^8	40	112	152	192
"E"	2.66 10^8	56	157	213	269
"F"	0.71 10^8	14.7	41	56	71
"G"	0.73 10^8	15.3	43	58	73
"H"	0.42 10^8	8.9	25	34	43

* 假定RBE=2中子量。

表 II Na²⁴ 激活作用和受照射者的剂量值

名字	Na ²⁴ (毫居里/毫升)	最初撞击**中 子剂量 (Rad)	最初撞击 γ 剂量 (Rad)	最初撞击总 剂量 (Rad)	估计RBE剂 量 (Rem)*
"A"	5.8 10 ⁻⁴	96	269	365	461
"B"	4.3 10 ⁻⁴	71	199	270	341
"C"	5.4 10 ⁻⁴	89	250	339	428
"D"	5.2 10 ⁻⁴	86	241	327	413
"E"	3.7 10 ⁻⁴	62	174	236	298
"F"	1.1 10 ⁻⁴	18	50.5	68.5	86.5
"G"	1.1 10 ⁻⁴	18	50.5	68.5	86.5
"H"	0.36 10 ⁻⁴	6.0	16.8	22.8	28.8
实验驴子	2.9 10 ⁻⁴	48			

结 论

1. 事故发生后放射测定仪是很必要的, 它可指出放射损害情况, 但是一般说来, 不能预言核弥散的危急。

在建筑物周围有6个警报器, 当放射的水平达到3毫侖/小时就会叫起来。但是在事故发生后3"—5"才听得见, 而事故发生在最初几秒钟其危害最大。

2. 放射警报器虽然能警告工作人员离开, 但不能准确指出事故地点。如果放射源靠近出口, 人们所受的照射就更加严重了。

3. 佩带剂量仪中的铝箔能使保健物理学家更快更有效的找出受大剂量照射的工作人员, 并初步估计剂量的大小。

(卢慧丽译)

参 考 文 献

[1] Parker, H. M., Health Physics, Instrumentation, and Radiation Protection, Report № MDDC-783, U. S. Atomic Energy Commission (1947)

[2] A full report of the accident is available as an unclassified

* 假定 RBE=2 快速中子流。

** 金箔测定指出热中子剂量约为快速中子剂量的1%故而可以忽略不计。

AEC document entitled "Accidental Radiation Excursion at the Y-12 plant (№ 1234)" and may be purchased from the Office of Technical Services, U. S. Department of Commerce, Washington, D. C.

[3]Wagner, E. B. and Hurst, G. S., Advances in the Standard. proportional Counter Method of fast Neutron Dosimetry, Rev. Sci. Instr., **29**, 153-8 (1958)

放射綫損害的处理

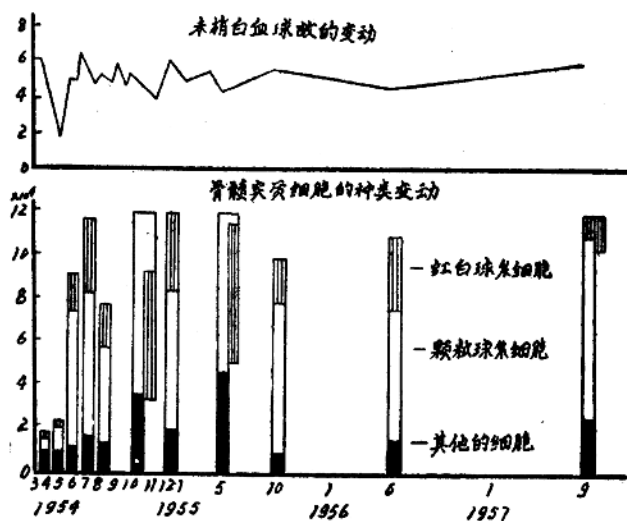
內科方面

国立东京第一医院內科 小山暮之

在接受放射綫照射之前进行某种处理,以尽量减少放射綫的損害,关于这方面作了各种試驗,虽然已經看到某种程度的效果,但一度受到放射綫損害的組織,用內科处理使其早日恢复所进行的各种試驗,可以說还没有获得任何成功。作者所要叙述的是关于人体放射綫損害的內科处理,特别是介紹一些关于急性全身性障碍的处理經驗。为了易于了解急性放射能症的概要,先述比基尼島受害者的临床經過。^[1,2]比基尼島受害者23名中有16名治癒,此16名在受害当日1954年3月1日到离船以前体外所受的放射綫总量估計在161至520伦琴。其中加上由于呼吸飲食等体内摄入的放射綫。問診时訴說由受害当日晚間起有全身倦怠感、輕度头痛、眼痛、流泪、食慾不振、恶心等。由次日起有一部分患者有恶心、呕吐、发热感、和疲勞感,2—3日后有半数发生腹瀉。这些症状于5—6日后逐渐減輕,但露出部分的皮肤有发痒感,逐渐出現色素沉着,以至形成发紅的水泡。一周后2人发生齿出血,开始脫毛。这种皮肤症状和脫毛,随着时日經過而增多。我們的观察是从3月28日住院时开始,虽然在船中經過淋浴、沐浴、上陆后沐浴、理髮剃鬚,而在毛髮及指甲等还看到最高205 c/m(第36日)的放射能。皮肤症状为色素沉着或色素脫落,一部分形成水泡,伴有发痒疼痛,又屢有小脓疱。这些皮肤症状到4月底显著恢复,脫毛部分于5月再生,到7月几乎恢复。

住院后的体温一般不稳定、容易波动,有微热时大致在38度左右。食慾几乎恢复,同时肝功能的障碍也减退。当初的腹瀉也恢复,但散便一日数次,其中有达十几次者,大約1年后大致恢复正常。体重在住院时稍有增加,但随肝障碍的出現而減輕,經過一年以上始逐渐恢复。末梢白血球在住院后4月上旬最低,約为1,500,以后徐徐恢复,或上

下波动很大，1年后始接近正常而恢复。然而也有在3年的后半又显示波动者。血色素及红血球在住院时一部分人明显减少，后逐渐恢复，血小板数的减少（最低1万以下）与白血球数略成平行，后亦恢复。末梢白血球数在4月上旬显示最低值，骨髓有核细胞的减少也显著，最低为8,000，呈汎骨髓的状态，后开始成岛屿状，逐渐显示全体骨髓状况的恢复，这种状态与末梢白血球数的变动成平行（第1图）。出血倾向轻微，出血时间当初轻度延长，随血液状况的恢复而好转。白血球的功能最初为游走速度及吞噬能低下，1年后约略恢复正常。



第 1 图

在循环系统的症状，心电图上当初 PQ 时间延长，P 波倒置以及平均，或其相性及结节形成，在 QRS 有宽 S，在 ST 部分，右前胸壁导联的 ST 上升，在 III 及 aVF 的 ST 上升，左前胸壁导联的 ST 下降，在 III 及 aVF 的 ST 下降，虽有右前胸壁导联的 ST 上升和 T 波相性

差的发现，但8—12个月后恢复正常。T波在Ⅲ及aVF倒转以至低电位，在右前胸壁导联显示2相性，但1年3个月后约略恢复正常。

消化系统症状。肝脏在住院时已经能够触及者有6人，轻度硬度增加者1人，并有相当的压痛。肝功能障碍呈明显黄疸者7人，其中5人屡次再发，最高达6次。1人在8月下旬前第3次再发时呈极高度的黄疸，以至发生肝昏迷，虽然一时意识恢复，但腹水滞留，得到不幸的转归。胃液在5月底多为过酸症，以Moltzer-Lyon法检查十二指肠液，有B胆汁颜色淡者，或A胆汁中淀粉酶值低者，随着时间的经过而恢复。大便一部分次数不正常，已如上述，胃肠X线检查，粘膜无异常，看到胃肠的运动亢进，钡餐饭后10分钟已大量进入小肠，3小时后已进入上行结肠，6小时后达下行结肠，这就是大便次数增加的原因。这些症状在11个月后检查时已约略恢复正常。再者，在住院当时看到尿中尿酸排出量增加及Na/K减少等，可知在当时尚有体细胞崩溃。

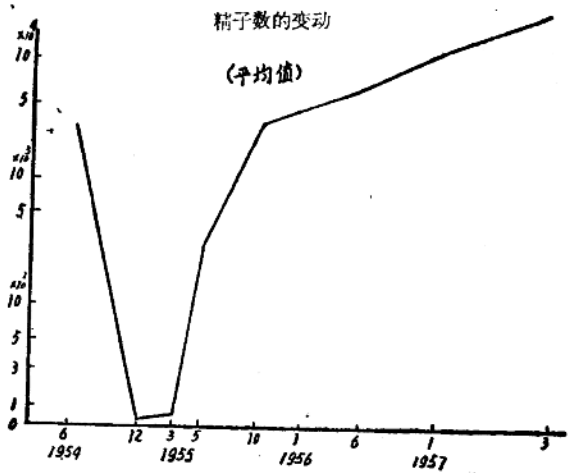
造精机能障碍为高度的精子减少，形态异常，空胞形成，及运动性低下等。1954年底到1955年5月的期间几乎为0，而从1955年10月开始增加，到1958年秋始逐渐接近正常而恢复（参照第2图）。

以上是比基尼岛受灾的急性放射能症，呈高度的造血及造精机能障碍和皮肤症状、消化系统症状及循环系统症状，结果减弱全身的抵抗，对于细菌感染的抵抗低下。因此在治疗上应使绝对安静，投给高热量、容易消化且能保护肝脏造血的食物，必要时可用抗菌素及各种维生素，再投给氨基酸剂抗脂肪肝剂。对于贫血或高度白血球及血色素减少者，试行输血。以下是根据这些临床结果，参照有关人体的2, 3种文献^[8-5, 8-10]，叙述关于放射线损害的内科处理。

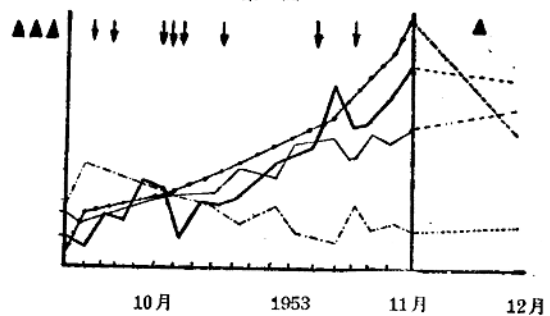
1. 首先移往安全处所。在知道或恐怕人体将受到放射线损害时，应立刻移往离开放射线的安全处所。如果认为被放射性物质污染时，应尽病情的许可沐浴、洗髮。必要时应理髮剪甲。

2. 安静及一般看护。

患者的安静为减少体力消耗，促进自然恢复所不可少的。精神的安静也必要而且应该重视。在我们经验的病例中，得到不幸转归的一



第2图



第3图 病人B, 诊断: 乳腺癌

- ▲ — 放射疗法
- ↓ — 白血球输入
- — 每 1mm^3 的白血球数
- - - - - 分段形, %
- — 淋巴細胞, %
- · - · - · — 每 1mm^3 的血小板数

(引用 A. A. Bagdasarov 的报告)

例是年岁最大的人，他不仅比其他的人有年岁方面的不利，而且是在全部受害的人中有精神疲劳的代表者。因此在受害后应立刻解除其恐怖，尽量说明以后出现的各种症状，以减轻其不安心理。

环境应该清洁安静，冬季应注意保暖，夏季移住凉爽的地方。

长时期呕吐时进行胃洗涤据说可以减轻(Guskova等)^[6]。调整便通，腹泻时用止泻剂，便秘时用盐性缓下剂。应常注意肠道的保护。

在此良好的环境中，使身心十分安静，进行看护，为本症治疗最重要之事。

3. 食物及饮料 (附补液)

与前项同样重要的是食物。在本症因为消化力及吸收力均低下，故应补充醣、采用软而容易消化的食物为佳，以避免腹泻。食物应为高热量高蛋白维生素丰富者，成为造血及保护肠道的膳食。一般说来，肝虽然对于放射线的抵抗较强，但因身体其他的组织受到放射线、细胞发生崩溃，肝脏不得不进行代谢产物及其他毒素的处理，所以肝脏在放射线受害时常受到影响，应考虑给以保护。应充分投给维生素B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, K等及含有此等维生素的新鲜食物。牛乳及卵磷脂也是好的食品。

饮料在不加重胃肠的负担及不妨碍循环的限度内充分给与。如有显著的消化器障碍时，如呕吐腹泻，不能经口投给充分的水分时，必须给以补液。即充分给以生理盐水、等张葡萄糖溶液及林根氏液等。一般作静脉内点滴注射。但此时有循环系统不安定和循环不全之虞，应常注意循环器官的状态。水分的补给可以改善肝脏的功能障碍，其他如对于保持循环血流量，维持平衡也有益。

4. 对于造血器官的处理。

如非受极大量的放射线照射，骨的受害为暂时性的，能自然恢复。末梢白血球和血小板数的减少，根据所受的放射线量，由3周到7周后发生。骨髓的所见大抵与之平行。对于血球减少的处理，除极重症外，主要以安静和食物疗法防止感染，待其自行恢复。只是在极高度的障碍时，试行补给血球，即输血、注射血以及注入血球。对于输血有许多见解，有人认为在初期第2周末最好不进行输血(Kocb等)^[7]，

对于虚脱，反复输血 100—200 c.c. 为佳，但因心力衰竭血压低下时应少量反复输血，亦记载有用自家血液少量输血的。为了补给血球成分的目的，血或血清并不很好，如果只为营养补给的目的，则又当别论。

前在第二届原子能和平利用国际会议上报告的关于人体造血机能障碍的处理，有用白血球及血小板作静脉内注射。从本院石上博士处得到抄本，兹介绍其概要如下：此方法为以离子交换树脂凝固阻止的血液，一部分为加葡萄糖枸橼酸的新鲜血液，1次量由 450 c.c. 收集的白血球和血小板，1次注射白血球 20 亿个。(Bagdasarov 等)^[11] 实行了此方法 3—8 次。第 3 图是这报告中的一例，对再发乳腺癌患者施行放射治疗而引起白血球减少，实行此方法后的末梢白血球数及血相。用此方法约 80% 得到良好的结果 (Bagdasarov 等)。又对于血小板减少症注射血小板亦有效(同人)。

其他在动物实验，进行同种骨髓移植和细胞移植虽然得到相当的成績，但对于人体还没有得到详细的报告。其他为了刺激造血器官的目的，肌肉注射 5% 的核酸溶液 2—5 c.c. 或核酸 0.2—0.3 克，1日 3 次内服，连服 10 至 20 日。T-25(thesan) 1日 1—2 c.c. 皮下注射，或加在 1% 的酒精溶液内内服，Pentoxyl 0.25 克 1日 3—5 次内服 7 日。Campolon, laqogon, 等也常使用 (Guskova 等, Bagdasarov 等)。再，有 =SH 基的半胱氨酸化合物次亚硫酸钠等，或异种蛋白等也曾试用。

止泻剂用甲苯胺蓝 (toluidine blue) 和硫酸精蛋白 (protaminesulfate)，或 acranochrom 等。硫酸精蛋白 (protamine sulfate) 当时有效，但持续时间短，3 小时后效果减低。与此相反，甲苯胺 (toluidine) 在 2 小时后作用达到最高度，持续 36 小时。(Koch 等)^[7]。对于造血及出血倾向，投给维生素 C, K, P, B₂, B₁₂, 叶酸等。

5. 抗菌素的使用。

末梢白血球减少，白血球的机能也衰退或抗体的生成减低，则容易发生感染。而且一旦发生即很难治愈，并有急速进展之虞。因此在急性放射线受害时，不但应常注意皮肤粘膜，而且也应经常注意内脏

各器官有无感染。若发现有感染并有迅速进展的情况时，应立刻投给抗菌素。抗菌素以用广谱者为佳，即用四环素系的抗菌素。当然，红霉素、青霉素及链霉素等也可使用。此时维生素的补给，特别是维生素K的投给尤为必要，长期投给时应注意发生抗药现象。亦可试用少量自家血输血。（Koch等）。

6. 其他一般对症疗法，心力衰竭时用强心剂，呼吸困难时用氧吸入，剧烈疼痛时用镇痛剂，有时用麻醉剂。

以上是关于内科处理的各种事项，最重要的是保持身体和精神的安静，在卫生的循环中进行一般的看护，给与易消化、高蛋白、维生素丰富的高热量膳食，以待造血机能和造精机能的自然恢复。此时容易引起感染，应及时投给广谱抗菌素。

主要参考文献

- [1] Hikamo Y. et al: Research in the Effects and Influences of the Nuclear Bomb Test Explosions II, 1313, 1956.
- [2] Cronkito E. P.: Radiology 56, 661, 1951.
- [3] Dunham C. L. et al: J.A.M.A. 747, 50, 1951.
- [4] Hompolmann L. H. et al: Ann. Int. med. 36, 279, 1952.
- [5] Guskova A. K. and G. D. Baisogolov. 13, 247, 1956.
- [6] Koch R. and H. Langendorff: Dtsch. med. Wschr. 79, 1g. 1162, 1954.
- [7] Cronkito E. P. et al: J.A.M.A. 159.430, 1955.
- [8] Cronkito E. P. et al: Some Effects of Ionizing Radiation on Human Beings. U. S. Atomic Energy Commission, 1956.
- [9] Conard R. A. et al: Medical Survey of Marshallese Two years after Exposure to Fallout Radiation. BNL 412(T-80), 1956.
- [10] Bagdasarov A. A. et al: Experience of treatment and Prophylaxis of Radiation Disease with Leucocyte and Thrombocyte Mass. Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. 1958.

陈厚珩译 陆如山校