

- 287848



第二屆和平利用原子能國際會議文獻

同位素在医学及 生物学上的应用

7



中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編

科学出版社出版

同位素在医学及生物学上的应用 (7)

中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1961 年 6 月第 一 版 书号: 2356 字数: 71,000

1961 年 6 月第一次印刷 开本: 787×1092 1/16

(京) 0001—4,000 印张: 2 插页: 2

定价: 0.46 元

目 录

P/549	在尿及海水中 Sr^{89} 和 Sr^{90} 的简单测定程序	(1)
P/973	以 Co^{60} 用海得堡的接触治疗方法治疗 1,500 名病人的经验	(5)
P/1060	美国骨肉瘤发病数与低水平辐射的关系	(10)
P/1784	宇宙线重离子微放射线束及氧气的影响对色素、毛囊及皮肤的 放射作用	(18)
P/1901	利用放射性同位素来显示体内机构	(22)
P/2266	阿托品对胰腺分泌的作用	(34)
P/2403	远距离治疗: 1955 年以来的发展: 技术及临床研究	(38)
P/2496	放射性同位素定位作用的医学价值	(45)

在尿及海水中 Sr^{89} 和 Sr^{90} 的简单测定程序*

J. Kooi

前 言

最近,在海水中 Sr^{89} 和 Sr^{90} 的简单定量测定法已被解决^[1]。这个方法的主要步骤列下:

1. 在一定体积的溶液中,加入锶的载体(如 SrCO_3)使锶成沉淀而浓集;同 SrCO_3 一起下沉的,还有 CaCO_3 、 BaCO_3 。
2. 将碳酸盐沉淀溶解在硝酸溶液内,在 65% (重量计)硝酸溶液中,锶和钡的硝酸盐经过二次沉淀而与钙分离。
3. 将硝酸盐溶解在水中之后,在乙醚-盐酸的混合溶液中经过三次氯化钡沉淀,而将钡分离。
4. 用氢氧化铁置换。
5. 沉淀碳酸锶并测定全部放射性锶及 Sr^{89} ,并计算之。
6. 从溶解的碳酸锶中经过二次氢氧化锶沉淀而将 Y^{90} 分离。为了正确测定 Sr^{90} ,而计算 Y^{90} 。

这个方法的主要优点是:

1. 在约 5 小时内就可获得全部 Sr 的含量和 Sr^{89} 的含量, Sr^{90} 自 ~~1945 年 1 月 1 日~~ 即可获得。
2. 用 3 升水样品及常用直立的端窗式盖革计数管 (end-window ~~Geiger counter~~ 此升数管对 Sr^{90} 的敏感度较之国际上推荐的测饮用水用最大允许浓度还要好 1/20。
3. 在样品中不论含有大量的钙离子,或者是阳离子如 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{++} 、 Fe^{+++} ,或者是阴离子如 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^- 、 SiO_3^- 、 PO_4^- ,甚至有机物质均不会对测定有干扰,所以这种方法能够应用于许多不同种类的和含有大量杂质的水样分析。
4. 这个方法不需要特殊的仪器、试剂和技术;这就使得这方法很好的适合于一般的应用。

直到目前为止,对于在尿中放射性锶的大多数分析方法,是不很满意的。因为,那些方法要采用蒸发相当大量体积的尿,并要小心的除去有机物质,或者是采用特殊的试剂(如 versenes)和特殊的技术(如离子交换);而且时常要消费较多的时间。由于这些原因,对以上所說的方法进行修改以便适用于尿的分析。

另外与废物的处理以及生物学研究的某些方面相联系的海水中放射性锶的测定,可以成为一个相当有趣的方面。因此为了使上述方法适用于海水分析,而进行了一些实验。

* “第二届和平利用原子能国际会议文献”编号 A/CONF. 15/P/549, 荷兰,原文为英文。

实 驗 和 結 果

A. 尿

进行了下列一些实验:

从不同的个别的地方收集来将近半升左右的尿, 加入具有比放射性约为 400 衰变/分·毫克 Sr^{++} 的相当量的 Sr^{89} (以硝酸锶溶液加入)。加热至近沸腾后, 加入浓氨水 6 毫升, 有大量的白色沉淀产生; 随即加入 6 毫升 1 克分子碳酸钠溶液, 然而这步骤是没有沉淀发生的, 然后澄清沉淀, 将上层清液倾倒出来, 而沉淀离心分离, 然后用水洗涤沉淀, 将沉淀溶于几毫升的浓硝酸内。

加入发烟硝酸, 使上述溶液硝酸浓度为 65% (以重量计)。离心分离后弃去上层清液, 而硝酸锶溶解于 5 毫升的水中。进行第二次硝酸盐沉淀, 并用乙醇和乙醚的混合液洗涤沉淀, 然后再将此沉淀溶于水。锶成为碳酸锶从最后溶液被沉淀出来。在可卸下的玻璃过滤器内用 tared 滤纸将沉淀过滤、烘干、称重、并计算之。求得比放射性为 256 衰变/分·毫克 SrCO_3 。以同样的方法制备自来水的样品, 测得其比放射性为 248 衰变/分·毫克 SrCO_3 。

上述结果, 曾进行了 3 次以上的实验来校核它。其中之一是将不活泼的锶加入在 0.5 升的尿中; 第二种加入 0.5 毫升的 Sr^{89} 示踪溶液; 第三种加入 0.5 毫升的 Sr^{89} 示踪溶液, 且含有 900 毫克的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。加入盐酸, 使这些尿样品的酸度恰好为 0.1 当量。如以上方法, 加热所有样品, 所得结果列于表 1。

表 1 尿与自来水样品 SrCO_3 的比活度

样 品	加入物质	比放射性(衰变/分·毫克 SrCO_3)
尿	~ 0.5 毫升 Sr^{89} 的溶液	256
自来水	~ 0.5 毫升 Sr^{89} 的溶液	248
尿	30 毫升不活泼 Sr^{++} 溶液	0
尿	0.5 毫升 Sr^{89} 的溶液	246
尿	0.5 毫升 Sr^{89} 的溶液 + 900 毫克 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	239

化学产率相当于 70~80%。

从表 1 可以看出, 3 种样品的比放射性平均值是 247 衰变/分·毫克 $\pm 2.4\%$, 与自来水样品比放射性值 248 衰变/分·毫克相近。在这 2 个实验中, 充分地证实了上述结果; 而这二个实验的全部程序(包括钷的分离)如下所述。在尿和蒸馏水的样品中, 加入所用最后的具有 Sr^{89} 的 SrCO_3 样品, 此样品比放射性仅差 2.2%。

在加入氨后, 在尿中沉淀立即生成, 将此沉淀溶解在酸中, 没有显著气体发生说明此沉淀真实地由钙、镁和锶的磷酸盐所构成。在这些磷酸盐中的头二个盐通常存在于尿内, 而第三个是作为载体而加入样品的。这一假定已被磷酸盐与小量部分溶液很强烈地肯定的反应所证实, 而这溶液是将洗涤过 5 次的上述沉淀溶解在大约 100 毫升加有氨的尿内而获得的。

最后, 因为在一般的尿中, 磷酸盐的含量大大的超过全部钙和镁的含量(5 到 10 倍)。而进行下列 2 个实验。第一个实验在未加入碳酸盐时, 在近沸腾情况下进行浓缩溶液, 这样做的结果, 所得最后 SrCO_3 样品的比放射性为 237 衰变/分·毫克, 其化学产率为 73%。

另一个实验在仅仅加入氨的情况下在室温进行浓缩步骤,这样做的结果,所得 SrCO_3 样品的比放射性为 239 衰变/分·毫克。然而,此时沉淀的处理较之通常情况是有许多困难,其化学产率略少于 50%。

从表 1 中已有数据可得出结论,上述方法应用于人尿中锶的分析是很好的。我们相信,这个方法是超过现在广泛地应用的其他方法。然而,从其他的一些实验看来,在提高温度的情况下进行沉淀作用,则较为合适。

另外,虽然在不含有 Na_2CO_3 时浓缩结果是好的,其结果是在实验的准确度范围内,然而最好是加入 Na_2CO_3 它能够在必要时克服由于尿样品会有不正常的组成时所发生的困难。

最后,人们总是并且首先只注意某一尿样品内究竟含不含有任何放射性锶和(或)钡。在这样的情况下,最后的步骤将从溶解纯的硝酸锶和硝酸钡化合物所得到的溶液中,成碳酸盐沉淀。

B. 海水

每升海水中含有 1.3 克的镁。如果在浓缩阶段用氨来处理则生成大量的碳酸镁沉淀。这些碳酸镁的沉淀不容易处理。为了避免这种明显的困难,在不同的沉淀条件下,进行了许多的实验。为了沉淀所加入的锶成碳酸锶,所用的沉淀试剂是氨、 Na_2CO_3 、 NH_4Cl 和 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 的各种组成物并在不同的温度下进行沉淀。最后的 SrCO_3 样品的比放射性,与从蒸馏水以同样方法制备的样品的比放射性相近。

我们发现,氯化铵和碳酸钠的组成物非常有效地防止碳酸镁的沉淀并可以得到可靠的结果。然而,在用碳酸铵及氯化铵时则可用较少的试剂。而且,表明当用碳酸铵作沉淀剂时,氯化铵则可以不用。最后,还必须指出的,如果在沸点时进行沉淀,则此沉淀能容易处理得多。这些实验是用 Sr^{90} 作示踪物进行的,最后的实验结果列入表 2。

表 2 海水和蒸馏水样品中 SrCO_3 的比放射性

样 品	加入载体	沉淀剂	比放射性(计数/分·每毫克 SrCO_3)
500 毫升海水	19.4	8.3 克 NH_4Cl ; 50 + 10 毫升*	
		$2\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	170
500 毫升海水	19.4	30 + 10 毫升* $2\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	158
500 毫升蒸馏水	19.4	NH_4OH ; Na_2CO_3	163**

* 加入 10 毫升的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 用来使沉淀作用完全。

** 海水中锶的正确含量见註 4。

在进行实验时,要对下列几点注意:

1. 虽然海水中钡的含量是如此之少,以至对于我们实验测定目的可以略而不计。通常为了除去所有可能有的放射性钡,那么钡就要分离出来才是合适的。然而,在海水中硫酸盐存在量很大,为了防止钡成硫酸钡沉淀,钡的载体必须加入到第一次碳酸盐沉淀的硝酸溶液中。

2. 通常,从海水中沉淀碳酸盐,表现出它牢固的粘附在烧杯壁的趋向。因此,为了溶解粘附的沉淀,用几毫升硝酸来洗涤烧杯是合适的。并用它来溶解离心分离后的沉淀。

3. 用海水作的全部程序,较之用其他介质作的化学产率现已发现要低一些,相当于 40~50%。但是方法的灵敏度不受影响。

4. 为了计算化学产率,对于锶在海水中的含量,引入一个改正值,通常,此值是一常

数。因为锶在海水中的含量,在我们的实验里是不知道的。而文献的记载值是从 8—13 毫克/升海水。我们做了分离与测定工作。以部分没有载体的且已知比放射性 Sr^{90} 溶液,加入到 700 毫升的海水中,并按通常程序进行锶的测定。这样,锶在海水中的含量可以从最后 SrCO_3 样品的比放射性计算出来,其值是 13.6 毫克/升。与报告值 13 毫克/升相较,是符合的,且在实验准确度限度之内。

最后,可以指出的,若海水的体积超过 2.51 升则不用加入锶的载体,而如通常的情况一样进行。

这里从报告的结果可以推想,如果在浓缩阶段,进行相当小量的修改时,则上述方法对海水的样品的应用,也是合适的。

程 序

在列举的文献内,已完满的讲述了全部程序。为了使这一方法应用于尿和海水,在进行浓缩阶段时,仅仅作了必要的改变。这些改变如下:

A 尿

将 24 小时内的尿样品用将近 0.1N 盐酸酸化之后,加入 30 毫克 Sr^{++} 及 15 毫克 Ba^{++} 。放置入有表面皿作盖的烧杯内,在通风橱内加热至近沸。在每升尿中加入 12.5 毫升浓氨液,随后,加入 1M 的 Na_2CO_3 溶液 10 毫升,在 90—95°C 放置 10 至 15 分钟,而使沉淀澄清。

以倾侧法除去上层清液,并弃去。将沉淀转移到 50 毫升离心试管内,离心分离。弃去上层清液,用水洗涤沉淀,再离心分离,又弃去上层清液,再重新洗涤。

对锶的清净与分离工作按照第 532 页^[1]进行。

B 海水

在必要时以足够的 Sr^{++} 加入到海水样品中使全部锶的含量达到 30 毫克,加热至沸,且在每升海水样品中加入 2M 的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液 60 毫升。在 90—95°C 放置 10 至 15 分钟,而使沉淀澄清。为了防止沉淀作用进行得不完全,再加入 10 毫升 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液,若还有必要时,加入较多的碳酸铵溶液,至无沉淀形成时为止。使沉淀澄清,以倾倒法弃去上层清液,将沉淀转移至 50 毫升离心试管内,离心分离,倾倒与弃去上层清液。为了使存留在烧杯壁上的所有剩余的沉淀溶解,加入足够浓的硝酸到烧杯内,并将此溶液加入离心试管中。溶解沉淀,离心分离,将上层清液倒注入一清洁试管。加入 15 毫克 Ba^{++} 作为载体,如象在(1)所述进行锶的清净与分离。

参 考 文 献

- [1] Kooi, J: Quantitative Determination of Strontium-89 and Strontium-90 in Water, Anal. Chem. 30, 532 (1958).

以 Co^{60} 用海得堡的接触治疗方法治疗 1,500 名病人的經驗

I. Becker and K. E. Scheer

在 1950 年和 1951 年我們曾以 Co^{60} 用于三种不同的接触照射技术治疗了 1,500 名病人。技术如下：

1. 鈷⁶⁰ 珠

这些珠子原来是純金属鈷在反应堆中活化达每粒約有 4 毫居里的活性。鈷珠直径为 6 毫米，中心空腔直径为 2 毫米。其表面电镀一层 50 微米厚的金壳以防腐蝕。但使用几年后，我們发觉金壳不能完全防止腐蝕，因此我們換用同样形状和大小的金制珠子，含有活性鈷的小圈，它能絕對抵抗机械和化学的侵蝕。

这些珠子主要用于腔内照射。把需用的珠子串在一根絲綫上，放进一避照射的桌內。应用时則把这一串珠子装进一根 8 毫米直径圓筒試管，然后把試管塞进腔內。当用在較大腔內时例如膀胱，則每一粒活性珠子与无活性塑料珠子相互串連，使其体积增加，但保持其活性量。当自然腔或外科手术后所产生的空腔，不易从外达到时，鈷珠的使用是适宜的。最近一次我們用 Co^{60} 模来治疗皮肤病变。在这次治疗我們用泡沫橡胶做成板状模型，每隔一厘米穿一个 5 毫米的小洞。每隔一洞放入 1 粒珠，如此則照射強度不甚均匀，其結果和格子式照射相似。

2. 塑造物 (Plastobalt)

包括用可以造模型的非活性物質，而在其中放很多圓状直径为 2 毫米的 Co^{60} 珠。这些丸子最初是用硬性塑料制，但現改用金壳和鈷核。因在每单位体积中有很多单独照射来源，塑造物材料应具有同等比活性。先把材料在有放射防护設備的桌上用热水将它升高温度，然后用长把的木制工具把材料打成应有的形状。为避免病人和塑造物直接接触，必須把塑造物包在湿润的賽璐珞紙內。应用在内腔时，更得把塑造物放在一容器內。

这种准备塑造物的技术可以在几分钟內完成。因每塑造物式样全靠病人情况而定，在每次使用时須得測定其照射剂量。为此我們曾制造一仪器其結果良好。

在选择 Co^{60} 珠或塑造物时，有一簡單标准。当进口和内口是一样大小时，我們用塑造物，因为它可以很容易地制成。相反，若进口比内口小得多时，則我們用 Co^{60} 珠，因为鏈串珠子放在管似的进入器，而进入器可以充滿整个空洞的体积。

在治疗皮肤病变时我們先用大的薄板，使其形成需要的式样，但后来改換用泡沫橡胶，在其內充滿珠子。这样可保留其形状也易貼上。

* “第二届和平利用原子能国际會議文献”編号 A/CONF. 15/P/973，西德，原文为英文。

3. 悬液方法 (Makrosuspension)

这种技术是使放射活性溶液充满在插入身体空腔的橡胶囊，这法是很多医院所采用的著名改良法。我們改用 2 毫米钴丸悬液代替溶液，而丸子是放在无活性胶冻内。我們在每 100 毫升溶液内放入 1,600 小丸，其强度分布甚为均匀。所得結果和用相似照射溶液結果相吻合。因小丸在溶液中相互拥挤而不致于沉积或合并。这种悬液可以放在橡胶囊内或直接放在溶液内，但管的内径要能使小丸子顺利通过。用这种方法，我們仍旧保留所有橡胶-溶液方法，但却避免有被照射染污的危险。

放进悬液到橡胶囊内需要几分钟。溶液是放入一保护瓶内，在避免照射的情况下，約 2 米距离利用空气压力使溶液流进囊内。

悬液方法比 Co^{60} 珠有其优越性，因这种方法可以供給更多照射源。因 γ 射线强度依靠放射源直径之大小，用悬液时，照射强度较高。它可用在膀胱、直腸等的治疗。

用上述技术我們在 1951—1957 年曾治疗 1,500 多名病人。其情况在下表格内表示：

肿瘤部位	病人人数	治 疗 技 术		
		Co^{60} 珠	塑造物	悬 液
膀胱	497	472	—	25
神經胶质	72	72	—	—
上咽上颌窦	275	99	186	—
直腸	121	—	96	25
女性生殖器	328	74	237	17
皮肤	271	26	245	—

大部份病人都有很严重的恶性肿瘤。 Co^{60} 是用来补充 X 射线及电子迴旋加速器治疗法。在脑及上颌窦肿瘤治疗时，使用 Co^{60} 是和外科手术相連的。因肿瘤发生的部位很多，加上治疗进展及以前治疗情况，我們不可能統計病人治疗后生存的人数，从此来估計 Co^{60} 治疗的效果。根据 7 年观察不同型的肿瘤患者的典型征状列述如下：

膀胱癌：最多用的是珠状 Co^{60} 。在 1952 年，38 个病人治疗后 5 个生存长于 5 年，我們认为这种技术可用在乳头状瘤及浸润性癌。最初我們在表面上用 10,000 到 12,000 伦琴 2 次，后来发觉在照射量較小时，在治疗功效上仍旧一样，因此把表面量減低到 6,000—8,000 伦琴 1 次。

脑肿瘤：除几个病例外，只用于多型性胶质細胞瘤。在肿瘤取出后，我們就把鏈珠插入空洞。在 1952 年有 10 个病人經治疗后，經過五年時間，2 人仍然生存。最显著的观察是經過 Co^{60} 照射后，并无重生大脑水肿。現已改良这种技术，使照射剂量減低。在外科手术时，把橡胶囊放在瘤取出的地方，而放进珠子是在手术完成后才进行的。

直腸癌：我們认为接触治疗只是 X 射线和远 γ 射线的补充。塑造物是用在直腸瘤，悬液用在乙状結腸。当遇到直腸狭窄时悬液也用在直腸。表面量是在 3,000—5,000 伦琴。

上颌窦癌：在动手术后，若腭骨仍然保存，則应用钴珠是很容易。当腭骨被割取时，則需要用塑造物技术。表面量 10,000 伦琴是不会引起骨骼的不良反应。

咽上部癌：用电凝固肿瘤后，把 15 个到 20 个 Co^{60} 小珠放在一橡胶章上。表面量

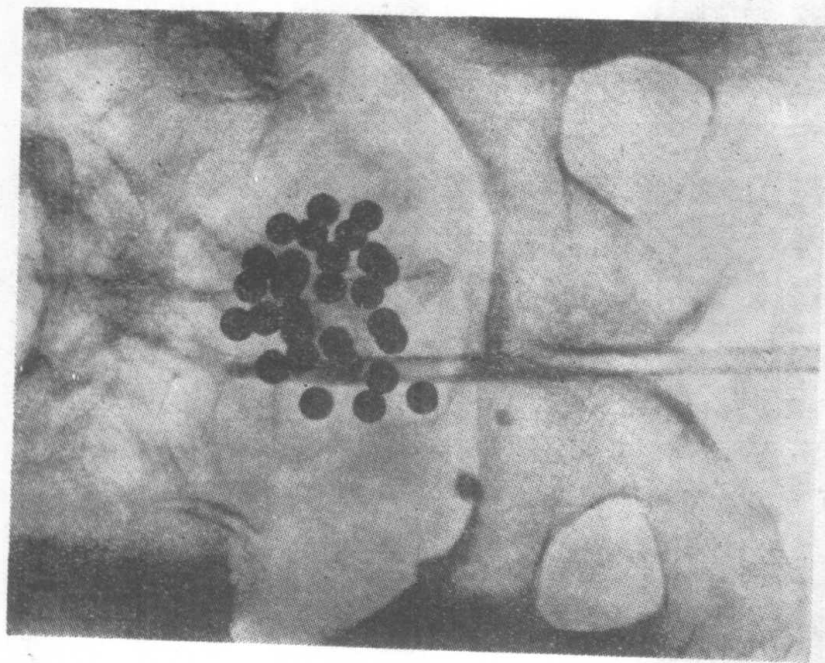


图1 26 Co⁶⁰ 珠+26 非活性球在膀胱中。

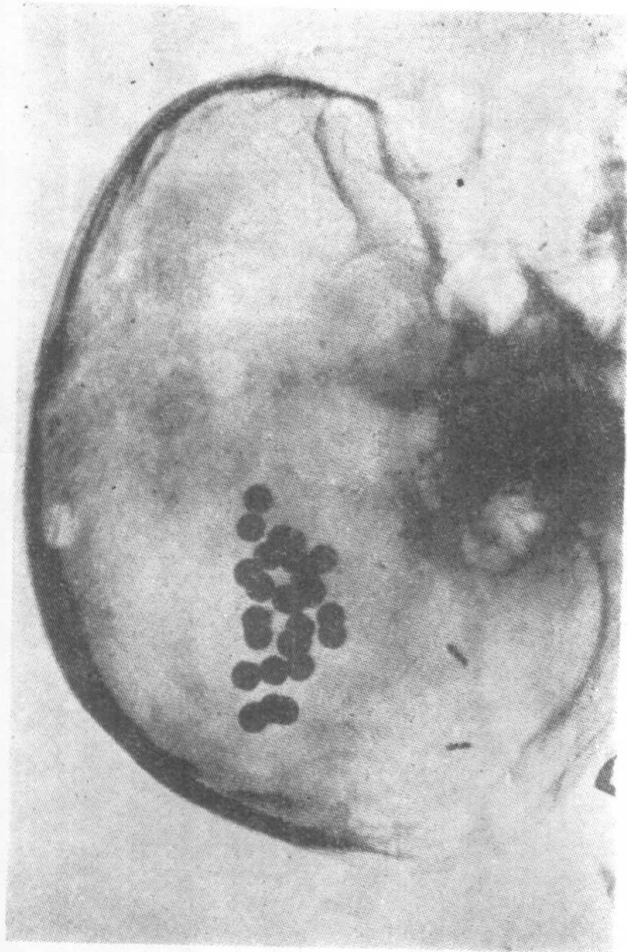


图2 26 Co⁶⁰ 珠+26 非活性球在畸形性神经胶质瘤取出后加入。

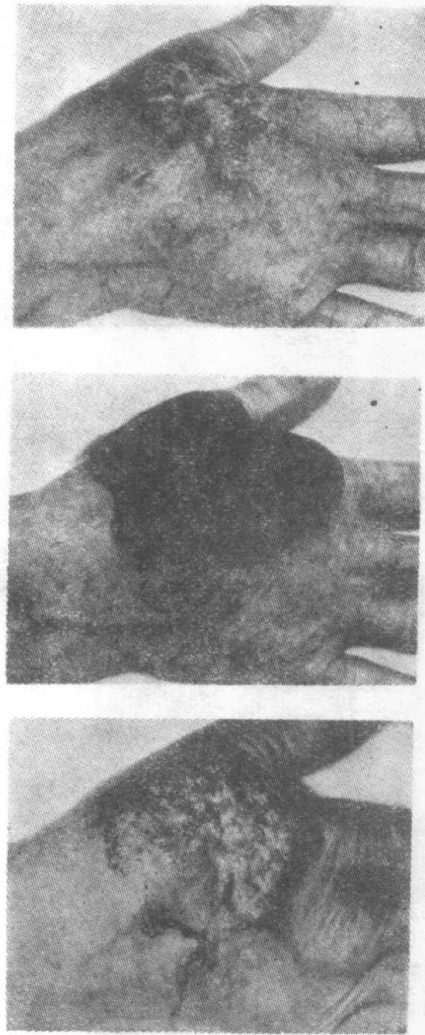


图6 在手掌后的筋腱细胞瘤。左图,在治疗前;中图,塑造物的位置;
右图,治疗后两个月。

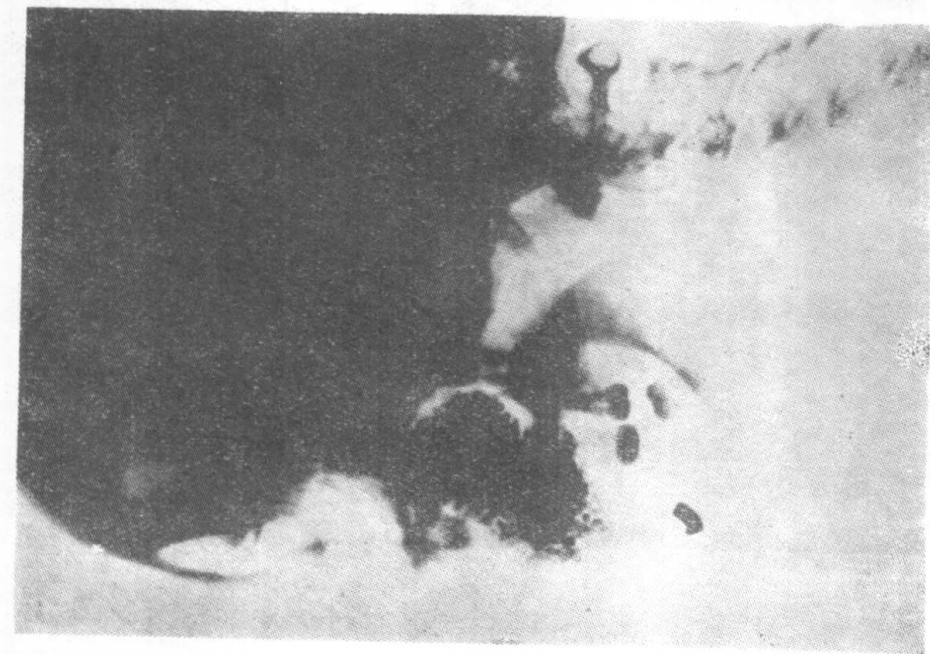


图3 塑造物在治疗上咽瘤时。

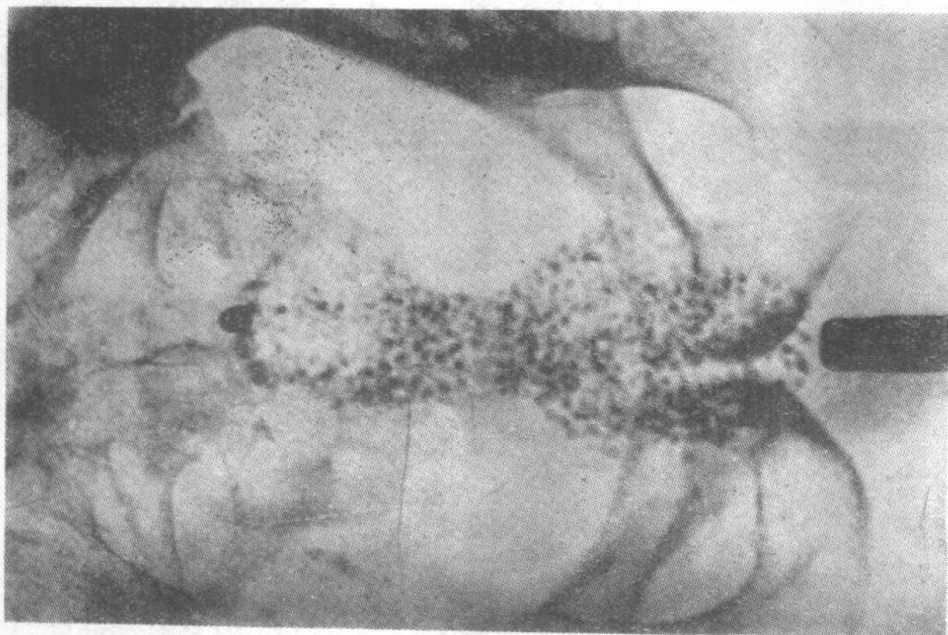


图4 直腸內懸液充滿在橡膠囊中。

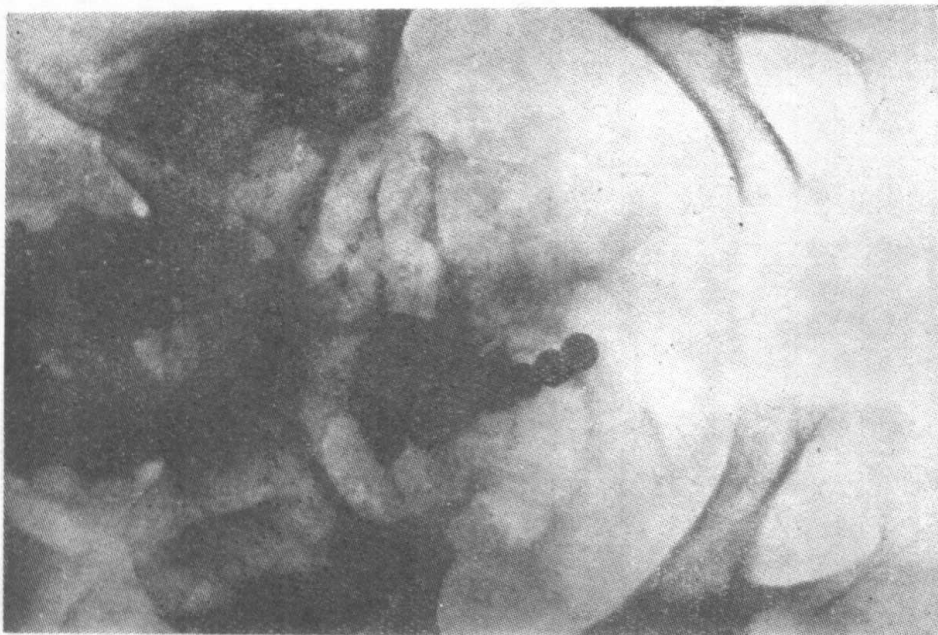


图5 子宮內充滿 26 Co⁶⁰ 珠。

5,000—6,000 伦琴。应用时要把它固定好。

生殖器官癌：应用 Co^{60} 珠在宫体癌时，其原理和海門氏(Heyman)技术相似。钴珠优越性是每次操作时只需一分钟，因此工作人员受量很低。在宫颈癌时，我们认为同时该用 Co^{60} 珠放在宫体内和用塑造物置于阴道内。照射剂量与用镭时相同。在阴唇癌时，我们已不用塑造物法，而是用加速器中所产生的电子来进行治疗。

皮肤瘤：我们只在几种特殊情况下，用塑造物法来治疗皮肤瘤。最初发觉在头颈癌面积较大时其下有很多骨骼。用 Co^{60} 治疗使骨骼得到保存比任何其他技术为佳。在良性瘤，如小孩的血管瘤，其结果不令人满意，而我们已放弃此种疗法。我们认为用 Co^{60} 模的接触法对广泛淋巴管炎型的乳腺癌是很合适的。当用 2,500 到 3,000 伦琴照射后，内皮迁移癌就会消失。再扩宽 5 厘米照射后就会使皮肤癌迁移停止。对此型乳腺癌的治疗 Co^{60} 法比 X 射线治疗大为优越。

上述指征用 Co^{60} 接触治疗的情况，结果令人十分满意。此法可以作为普通及超高压放射治疗法的有益补充。

結 論

以上介绍了三种 Co^{60} 接触技术，即 Co^{60} 珠、塑造物和悬液。这些技术曾在 7 年中治疗过 1,500 多名病人。这些技术方法已被证明可用于治疗在身体各部的某些肿瘤。提出并讨论了标准的指征。从这些指征来看，此法在放射治疗中是一个有价值的补充疗法。

参 考 文 献

- [1] J. Becker, u. K. E. Scheer, : *Radiokobalt als plastisches Präparat zur Strahlenbehandlung*. Strahlentherapie, 85, 581, 1951.
- [2] J. Becker, u. K. E. Scheer, : *Strahlentherapeutische Anwendung von radioaktivem Kobalt in Form von Perlen*. Strahlentherapie 86, 590, 1952.
- [3] J. Becker, K. E. Scheer, u. A. Kübler, : *Ein neues Strahlenmessgerät mit einer biegsamen Kristallmesssonde und seine Anwendung in der Klinik*. Strahlentherapie, 88, 34, 1952.
- [4] J. Becker, u. K. E. Scheer, : *Eine neue Anwendungsmöglichkeit von Radiokobalt in der Dermatologie*. Hautarzt, 3, 221, 1952.
- [5] E. Klar, J. Becker, u. K. E. Scheer, : *Eine kombinierte chirurgisch-radiologische Behandlung bei Glioblastoma multiforme mit radioaktivem Kobalt Co^{60}* . Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. Chir. 280, 55, 1954.
- [6] J. Becker, : *Die Strahlenbehandlung des Blasen-Karzinoms*. Strahlentherapie 101, 203, 1956.
- [7] J. Heyman, : *The Radiumhemmet, method of treatment and results in Cancer of the corpus of the uterus*. J. Obstetr. 43, 655, 1936.
- [8] K. E. Scheer, W. Schwab, u. W. Ey, : *Kritische Bemerkungen zur Kontaktbestrahlung mit Co^{60} in der Oto-Rhino-Laryngologie*. Strahlentherapie 104, 398, 1957.

美国骨肉瘤发病数与低水平辐射的关系*

John C. Bugher, M. D. 及 Pauline A. Mead

近年来,地面上广大地区有小量的人工放射性沾染,使人注意到对广大居民何时产生不明显损伤的问题。由于缺乏从实际存在的低水平辐射中得到的可靠的实验性材料,因而这个讨论,只能具有高度的推断性。所作的估计是间接的,是根据在比现有量大好几个数量级的辐射水平下获得的实验和观察的材料,借助一些公式外推出来的。

除了核分裂产物污染环境而致的全身性 γ 射线照射外,还将受到体内沉积的放射性同位素的照射,其中最重要的是 ^{90}Sr ,它对骨骼有高度亲和力与 ^{90}Zr 有些相似。象 ^{90}Zr 一样, ^{90}Sr 主要的或者是唯一的危害是作为骨肉瘤的刺激物。

根据大量分析材料的结果,发现1957年末美国成年人骨骼每克钙约含 ^{90}Sr 0.1微微居里,而儿童及新生骨骼则为此值的10—20倍^[1]。根据1956年得到的材料,可以想象,在继续污染的情况下,青年人全身骨骼的埋藏量从环境开始污染时起算含 ^{90}Sr 量可高达每克钙25微微居里^[2]。上面的估计虽则认识到 ^{90}Sr 及钙在生物上的差别,但并未考虑到 ^{90}Sr 对地壳的渗入。它自同温层向下沉降,并以同样的速度渗入美国土壤表层2吋的地方^[3]。 ^{90}Sr 受到越来越大量的土壤钙的继续稀释可使骨骼中的平衡值减少一个系数10。

不管人们对于人的骨骼内 ^{90}Sr 水平的最终平衡的看法如何,但还没有一种实验方法能够估计这样低水平放射可能产生的损害。在大多数关于 ^{90}Sr 沉积有引起骨肉瘤的可能性的讨论中,下面的假定或者有明显说明,或只是含蓄地分析。

1. ^{90}Sr 与 ^{90}Zr 之间在危害类型上以及在剂量测量学的数量方面均有密切平衡关系。
2. 骨肉瘤发生的机率与辐射总剂量呈直线关系。
3. $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 的 β 种辐射不能引起骨肉瘤的阈值是不存在的。
4. 骨肉瘤不是全部也大部分是由天然或人工的辐射所致。

根据以上的假定,曾做出详细计算,并得到这样的结论:微量的 ^{90}Sr 多年以后能引起骨肉瘤死亡数显著的增加^[4]。很明显,除非上述假定大体正确,否则这些计算将完全失效。

因此问题的解决还要在与现实情况相近的放射水平下特别在人体上找出一种能鉴定上述假定是否可行的方法。这需要众多的居民和长的时间,因此基本上要从流行病学的方法着手。

在美国原发性骨瘤引起每年约2000人死亡^[5]。经过一定年限以后,诊断与分类标准比较固定下来。几年来X射线照相的广泛使用以及骨瘤记录工作的开展已获得了诊断上的统一和一致,且不亚于人体任何肿瘤的诊断。在过去10年中,疗效方面并无显著变化,因此发病率和死亡率存在着固定的关系。而且,根据美国的报告系统,患有恶性肿瘤的人

* “第二届和平利用原子能国际会议文献”编号 A/CONF. 15/P/1060, 美国,原文为英文。

縱使他死亡的直接原因与肿瘤无关亦列入肿瘤死亡之列。这样，这死亡率大概能密切反映着肿瘤的发病率。

最近天然 γ 辐射底数的調查，发现了美国各主要地区間的总剂量率，差异可达2倍^[6]。人們都可以预料，最高剂量率发现于落基山区，其中包括科罗拉多高原由于該地区的地势及土壤含鈾量的关系，致平均 γ 辐射剂量約达20微伦琴/小时。此值可与大西洋沿岸区域平均为10微伦琴/小时的放射性强度相比較。

在美国由于分裂产物污染的 γ 辐射的一生剂量是天然放射性的1—5%^[7]，因此从高低放射性本底区域对骨肉瘤的死亡率作出比較，在确証上述假定方面，不无一定的帮助。

美国各州所报告的“骨恶性肿瘤”的死者^[8]其死亡年龄与各州每一年龄組的人数可联系起来看。此人数是从人口調查局規定的9个地理分区以及美国全国搜集而来的。

如图1和表1所示，7年中(1949—1955)骨肉瘤的死亡率有少量降低。这相当于該期間的骨肉瘤的天然死亡率降低3.6%。

7年来全美骨肉瘤平均年龄特殊死亡率按男女分列于图2、图3及表2。图2和图3是根据年龄特殊死亡率及年岁的对数作图。此曲綫不要与年龄的病例数分布相混。青年人死亡率的显著高峯是17.5岁。此后即降低到最小值約30岁，然后又稳定地上升直到无纪录为止。

图2及图3的曲綫表示了七年来平均年龄特殊死亡率，如按各个年岁作图的話，只有因年龄組中少数病例做成了偶然变异才有不同。

最明显的事实是作为年龄函数的年龄特殊死亡率，可用两直綫来表示，假定有2組人口：令人少的那組在儿童时期內在死亡率迅速增长的情况下完全死亡，而第二組則屬一般性，死亡率可用半对数作图成为直綫的事实說明該材料能用Gompertz氏函数来充分表示：

$$S = Ke^{-be^{-at}} \tag{1}$$

此处 S 是原来人口 K 在 t 時間內的被調查次数， b 和 a 是常数，微分后可簡化为：

$$\frac{ds/dt}{S} = -be^{-at} \tag{2}$$

表1 1949—1955年每十万人骨癌死亡率

年 份	原 死 亡 率	以 1955 年标准人口 修正后死亡率
1949	1.579	1.618
1950	1.446	1.472
1951	1.333	1.355
1952	1.307	1.322
1953	1.288	1.297
1954	1.281	1.287
1955	1.227	1.227

表2 1949—1955年美国骨癌年龄特殊死亡率
与年龄的函数关系

年 龄 組	每十万人口的死亡数	
	男 性	女 性
5岁以下	0.1038	0.1591
5—9	0.2446	0.2504
10—14	0.6570	0.5741
15—19	1.3005	0.8596
20—24	0.7992	0.3627
25—29	0.4209	0.3212
30—34	0.3815	0.2709
35—39	0.4630	0.4357
40—44	0.8342	0.6896
45—49	1.4192	0.9835
50—54	2.0226	1.5253
55—59	2.9280	2.3684
60—64	4.5343	2.9858
65—69	6.5693	3.6507
70—74	8.6166	4.7349

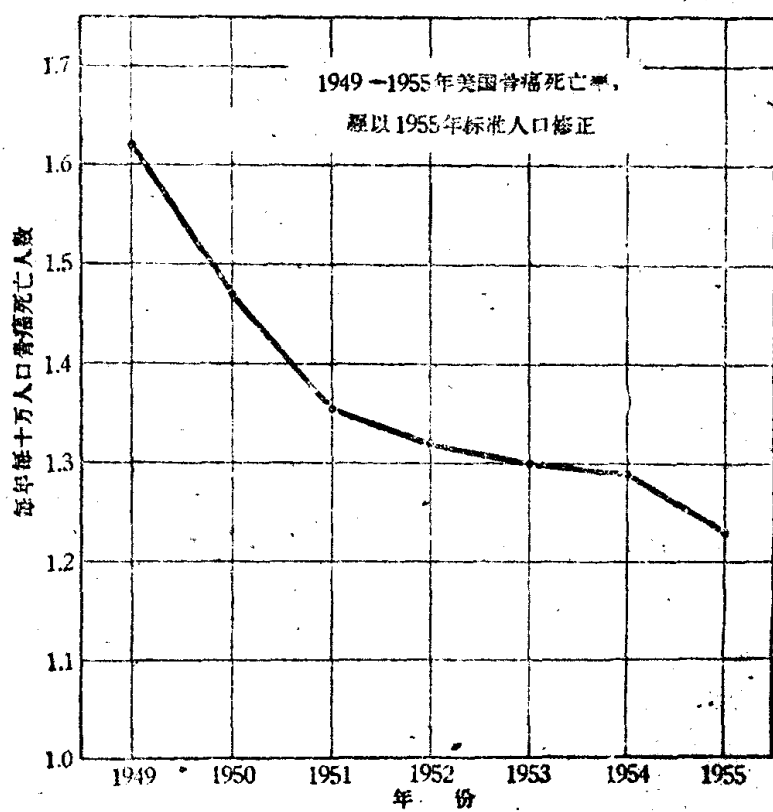


图1 1949—1955年美国骨癌死亡率，經以1955年标准人口修正。

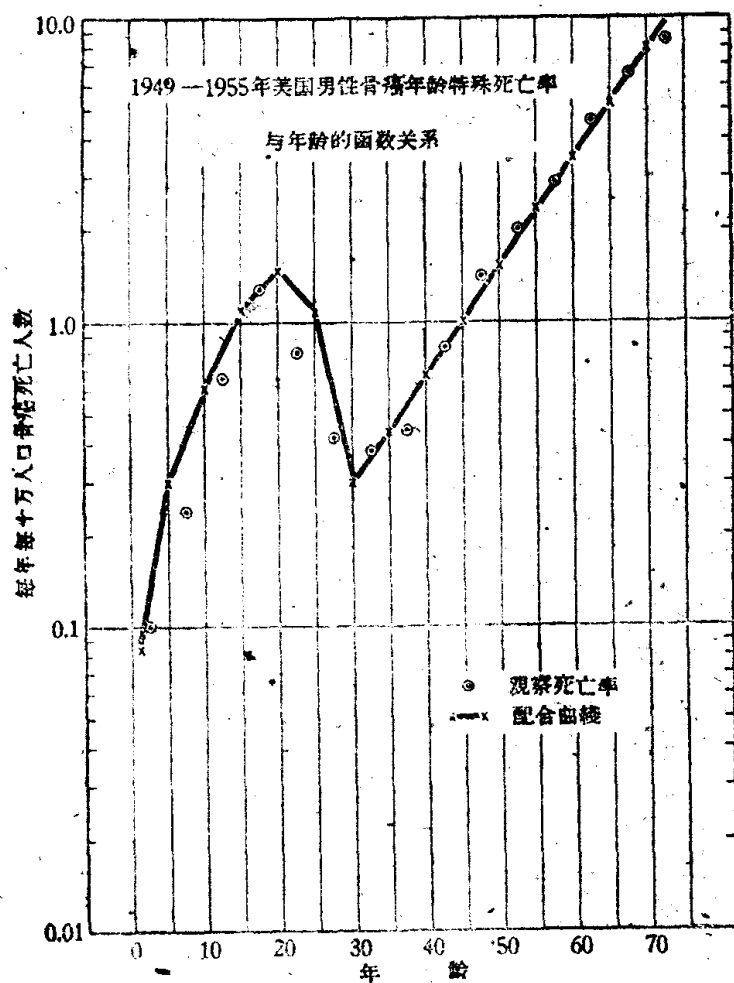


图2 1949—1955年美国男性骨癌年龄特殊死亡率与年龄的函数关系。

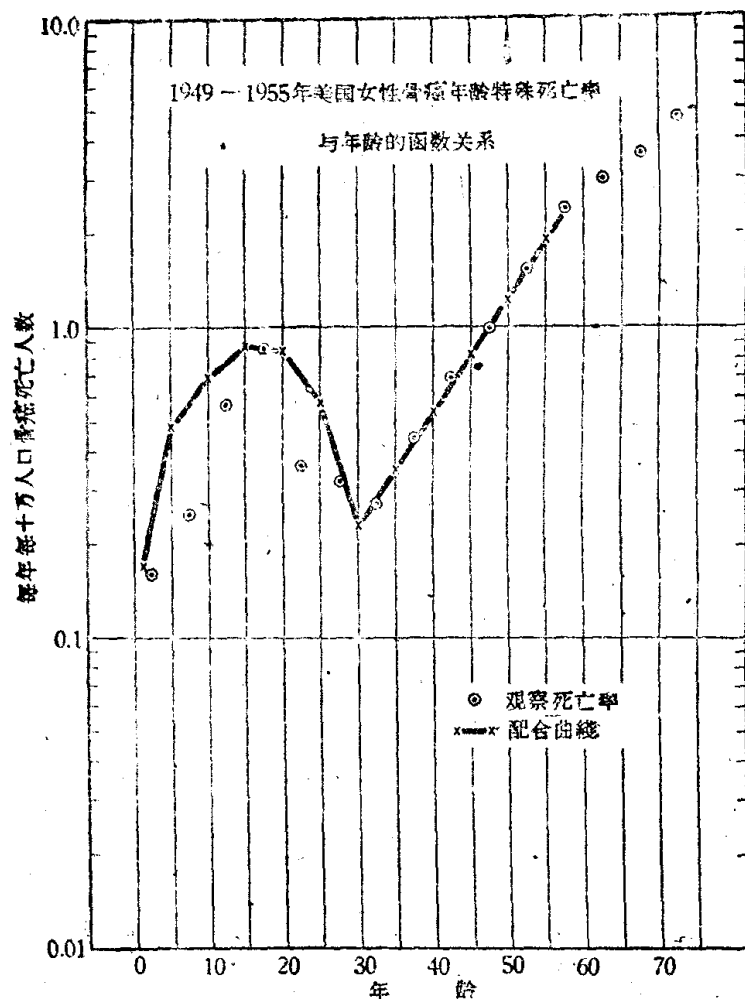


图3 1949—1955年美国女性乳腺癌年龄死亡率与年龄的函数关系。

但是 $\frac{ds/dt}{S}$ 是年龄 t 时的年龄死亡特殊率, 考虑到该率是一个绝对量, 呈正值:

$$r = be^{bt-a} \quad (3)$$

如(3)两边都取对数:

$$\log r = bt - a + \log b \quad (4)$$

是一个斜度为 b 及截段为 $(-a + \log b)$ 的直线方程式

男性 30—75 岁和女性 30—60 岁的曲线部分, 用最小平方法加以修整。女性材料似乎在 60—75 岁间另成一线, 而这些点没有用来修整。如它们仍算在内, 则坡度将会轻度减弱。从这些公式, 可求得 b 和 a 的值。

K_2 值, 作为参考人口, 是根据 0 至 30 岁的理论死亡部分与实际观察部分相比较而算出。从 0 至 30 岁的真正死亡数超出口口 II 所预期的数字中得出 K_1 , 是人口 I。

a_1 和 b_1 的近似值, 而从 0 至 20 岁的年龄特殊死亡率中用最小平方调整法得来。成功地调整这些近似值可提供一些数值使材料上各点获得更合理的调整。无疑, 更进一步的近似将会更好, 但由于早期的年龄特殊死亡率是由小数值导出, 上述数值似乎已能满足要求。

混合人口任何时间 t 内年龄特殊死亡率可使用两个方程式。年龄特殊死亡率可表示如下:

$$r = \frac{m_1 + m_2}{S_1 + S_2} \quad (5)$$

此处 m 是年龄总距 (interval) 内的死亡数字, S 则为总距下限的生存数, 附記表示不同的人口, 以直接作为 t 的函数来表示 r 会得出一甚复杂的方程式. 因此, 較簡單的是把兩組人口方程式視為造形函数 (generating function). 对男性來說, 它們是:

$$S_1 = 126e^{-e^{0.1713t-3.4815}} \tag{6}$$

$$S_2 = 566,000e^{-e^{0.0826t-12.7173}} \tag{7}$$

对女性來說, 可見下列的造形函数:

$$S_1 = 129e^{-e^{0.1179t-1.9561}} \tag{8}$$

$$S_2 = 892,000e^{-e^{0.0844t-13.0167}} \tag{9}$$

一个年龄阶段的死亡数可这样計算, 将开始及終末时所計出的生存者数目之差除以該期开始生存者的数目. 不要忘記的是, 任何时期生存者总数是每一組人口生存人数的总和,

$$r_t = \frac{S_t - S_{t+g}}{S_t} \tag{10}$$

当上述造形函数重新合理地作出观察的年龄特殊死亡率时, 被假定的人口の本質变得不明显. 由于这些公式仅从短期内所观察到的实际死亡数得出, 这使 K 值不仅反映骨肿瘤的死亡率, 且在相当程度上反映所有其他死亡率. 在美国30岁以上的一般死亡率明显地遵循 Gompertz 氏公式^[9]. 目前, 把 K 视为一个使观察死亡率得以作图的数字是恰当的. 它大概代表着产生骨瘤死者的真实人口的主要部分.

在此概念下, 几乎所有儿童时期骨肉瘤的死亡者均可認為实际上是先天性肿瘤, 因此这少数人在生物学上与其余的人有区别.

現在讓我們回到按地理分区的骨肉瘤的总死亡率問題, 基本的材料如表 3 所示. 各地区間有明显的差别. 新英格兰区死亡率最高, 而落基山区和太平洋沿岸地区的发病率最低. 各地区人口的年龄构成有許多差别; 当已作出修正后, 新英格兰地区和落基山区間

仍保持显著的差别.

表 3 1949—1955 年美国各地区骨瘤平均年死亡率

地 区	每十万人人口死亡数	
	未 修 正	已 修 正*
新英格兰区	1.591	1.512
中大西洋区	1.476	1.414
东北区中部	1.461	1.456
西北区中部	1.418	1.224
东南区中部	1.359	1.459
南大西洋区	1.257	1.394
西南区中部	1.221	1.451
山 区	1.065	1.125
太平洋区	1.036	1.060

* 基于 1950 年标准十万人人口估計 1955 年人口, 分为 16 个年齡組, 并計算 1955 年每十万人人口死亡数.

有人提过这种异常可能是长期患肿瘤的病人有死于医学中心的趋向. 由于死亡者是向死亡发生所在的州政府报告, 那些拥有众多的医学和医院机构的区域将会得到一个伪高值. 根据这点, 一些綜合材料說明: 州与州之間这种情况的确会发生. 但当对地区整个进行考虑时, 其重要性就微不足道了. 例如慢性病人常来到波士頓地区以利用医学机构大量集中的有利条件. 年中有相当数字馬薩諸塞州以外的人死于波士頓区域. 但是, 其中絕大部分不来自新英格

兰州, 故某些疾病的死亡率虽对馬薩諸塞州有所影响, 但新英格兰地区的数字改变得极少. 国内其他区域也存在同样情况, 由此可得出結論, 此因素所致的地区間的改变并不显著, 因而在此次分析中不予考虑.