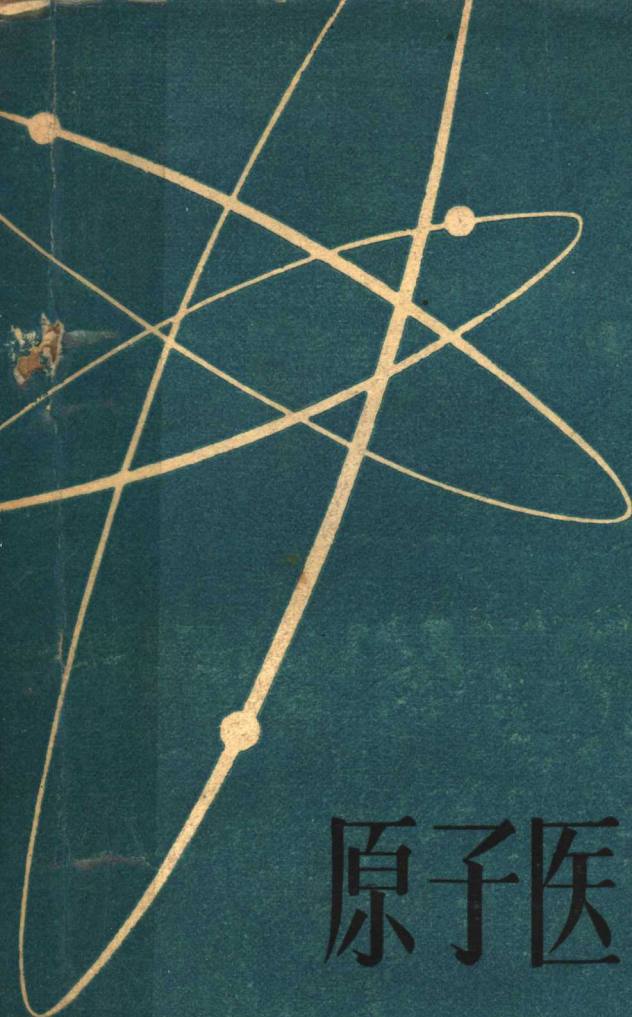




原子医学译丛

陈 又 新 等 译

人 民 卫 生 出 版 社

原子医学译丛

译者

陈又新 李雄钧 赵宗诚

符福园 邢维夏 官声源

郑国梁 何达壖 碩啓元

王复周 王巽义 郭俊淵

朱大成 徐叔云 魏履新

王永生 程伊洪

人民卫生出版社

一九六〇年·北京

內 容 提 要

“原子医学譯叢”雜誌停刊后有許多很好的余稿未得刊出。現由該刊原編輯委員會从中选出 18 篇，計 10 万余字印成專書。內容包括理論与应用两大部分。在理論方面有光合作用中的碳循环、造血組織的“保护性因子”問題和X綫照射大腦时內臟中核酸代謝的变化。在应用方面有放射性磷的各种治疗作用；碘的肝功能檢查、低活性色层分析法；鈷的旋轉式疗法的簡易計算法；鐳对机体的作用。此外还有居里描測术的基本原則、全身照射致死的机制、氫的放射毒理学作用等。这些在我国原子医学飞躍發展的今天，对于从事这門工作的人員都有很大帮助。

原 子 医 学 譯 叢

开本：850×1168/32 印張：6 字数：154 千字

陈 又 新 等 譯

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業登記證出字第〇四六號)
• 北京崇文區鑄子胡同三十六號 •

人 民 衛 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新华書店科技發行所發行 • 各地新华書店經售

統一書號：14048·2297
定 价：1.00 元

1960年10月第1版—第1次印刷
(北京版)印數：1—2,700

目 录

居里测定术的方法和基本原则	1
放射性蜕变的修正计算通用方法	12
X 线照射大脑时内脏中核酸代谢的变化	27
全身照射致死的机制	32
关于用放射性磷治疗的患者血液中放射性磷分佈的一些 资料	42
各种组织在引入放射性磷时所获得的剂量的测定	45
放射性磷 (P^{32}) 在治疗皮肤良性肿瘤和恶性肿瘤方面的 应用	54
P^{32} 用于皮肤疾患的浅部治疗	61
放射性碘研究中的低活性层析法	63
甲状腺癌之内分泌功能的放射性纸上层析检查, 借为放 射性碘治疗的基础——以及有关甲状腺其他疾患时尿 碘的化学性质的报告	67
用以碘 131 标记的孟加拉粉红进行肝功能检查	82
放射性钴 60 作局部放射治疗的特种方法	95
放射量在钴 60 旋转式疗法中的分佈: 一个简易的计算法	111
放射性铯对机体的作用	120
论氢的放射毒理学作用	128
造血组织的“保护性因子”问题	142
X 线及放射线工作者的职业病	149
光合作用中的碳循环	154

居里描測术的方法和基本原則

Hans Georg Mehe

一、引 言

日常目力是我們生來判斷形態與結構的最重要的感覺。一個醫師若看不清楚病人患的什麼疾患，那他還有何用。然而，在不可見的、為一般光所透不過的物質之前，日常目力就受着限制。一般地說，一個不透光的物體的內部就是這樣，特別對醫師來說，病人的身體內部就是這樣。自從有了“倫琴記錄術”(“Roentgenoscopy”)——這是倫琴氏發見輻射的直接成果，——醫師才能察見內臟的形態與結構。經過熒光屏將倫琴輻射能轉變為可見光之後，不可見的就成為可見的了。顯影的基礎在於臟器的不同吸收力，即在於物體的物理性質。對無對比的物體，這種視察是受着限制的，因為倫琴輻射不能給與區別。近十年來，幾乎在不知不覺之中，有一種新的視察方法建立起來，不過在不久之前尚未定出一個名字。新近 Newell 氏定名為“居里描測術”(“Curiescopy”)。這居里描測術是放射性能發見後經歷了長久時期才得到的收穫。它能使一些在代謝過程中吸收放射性物質的臟器的形態與結構成為可見。其影象的對比度僅依賴於臟器在代謝進程中的情況，而與它們的物理本質無涉。

二、倫琴記錄術和居里描測術(圖1)

倫琴記錄術利用一個點狀放射源和一個圓錐筒，從而能達到一個有定向的、有界限的輻射擴散。它經過吸收後的投影，直接造成形象。相反地，在居里描測術中，放射源是廣泛的，大小與臟器範圍相當。例如在用放射性金充盈的胸腔，它就相當於胸腔那樣大的範圍。

因此，它是一種無定向的、向四面八方發出的，彌漫的輻射擴

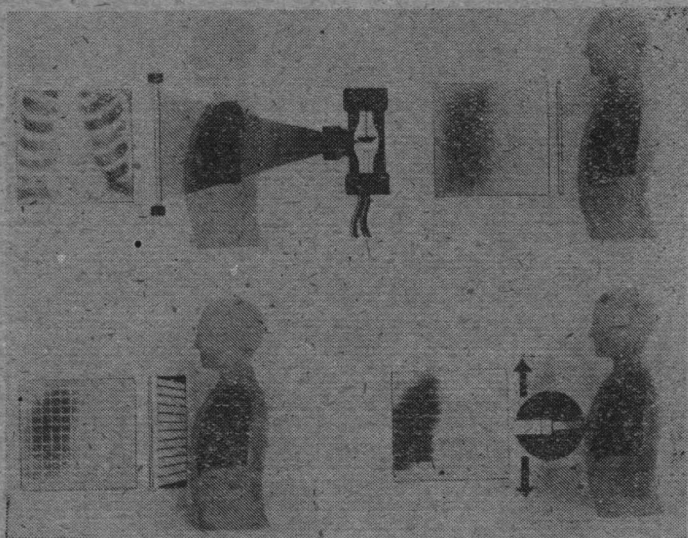


圖 1 倫琴記錄術與居里描測術顯影原則的說明

散。从一个足够灵敏的探测器上仅能得出一幅模糊的形象，这形象是与在探测器位置上所受的辐射强度相称的。X 綫学家可以建議：利用他所習知的鉛条格柵，以便只把依着格柵軸方向扩散的射綫束記錄下来。但应用这样一种格柵有損居里描測術中所用的射綫硬度。为了获得檢查物的全貌，鉛条格柵必須很薄。但这样薄的障碍，輻射均容易透过。因此，只能用这种格柵的一个孔，相应地把鉛壁增厚，以便大大地挡却不需要的射綫。但是，当仅有一个这样的“視道”时，必須沿着檢查物一行复一行地探测，才能获得該發生放射的臟器的清晰印象。能使所有有关的深度几乎均匀地“發出光芒”的、具有足够穿透力的輻射，其光子能量須有数百电子千伏之数。它們或者是核的 γ 綫放射，或者間接地是 β 粒子的阻抑射綫，也可能是正电子消逝时發生的射綫。 α 与 β 輻射本身因在有机物質內射程很短，故不能直接被測量。

三、居里描測器

在居里描測器中所使用的“眼睛”，到底是怎样一回事呢？圖2

表示人眼与居里描测器的对照。居里描测器中的“角膜”是一个坚固的鉛圍，用以吸收物体的所有散射，并構成整个器械的骨架。晶状体与虹膜只能由原始的視道来代替，因为对于 γ 綫沒有相类的

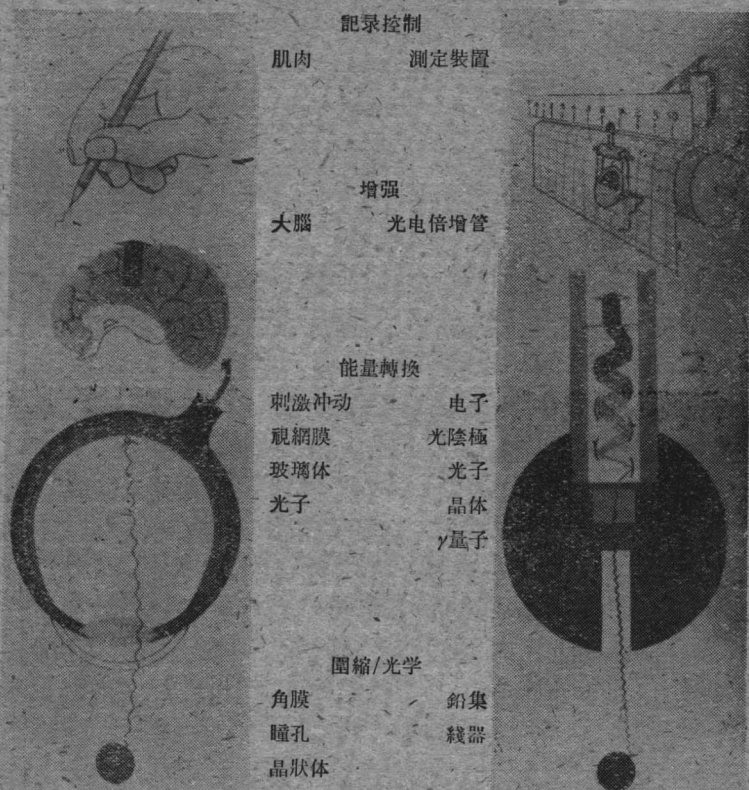


圖 2 人眼及居里描測器的測量儀頭

設備。居里描測器的“視網膜”是由兩部分構成的。一个射入的 γ 量子的能量，必須先轉換为可見光。这部分工作是由碘化鈉晶体来完成的；它吸收 γ 量子后，發出閃爍。其中一部分光子通过鉛玻璃做的光导体而达到光陰極。鉛玻璃同时亦关闭了圍繞着晶体四周的鉛圍的后孔。在光陰極上，光子冲動轉变为电子冲動而被輸送出去。它的“腦”就是續發电子倍增管，它把电子脉冲增强得如

此地大，使能駕駛一個記錄器上的描測儀。

四、輻射強度的記錄（圖3）

有許多方法來察見一個發生放射的物體。最簡單的方法是，用這個儀器在欲測的面積上一点一点地試探，并把計數裝置上記錄的脈沖率或電流表上讀得的光流數，上下左右相等地轉載在毫米紙上（圖3a）。把相等的強度值連接起來，就成為等強曲線，由此就可看出臟器的形狀來了。用這方法時必須注意，不要在“被看見的”區域中把曲線交叉起來。探測點的密度應該相當大，以免在實際測量面積中遺漏一些未測檢的區域。

若能有一移動裝置，能戴着鉛集線器在欲測的面上按預選的距離一行一行地用均等的速度行走，那末記錄方法就可以自動化了。最簡單的是，用一描筆去記錄每一行的強度改變過程（圖3b）。這些個別的曲線後來可從紙上裁下來，按着行列編排，就得出該臟器射線強度的縱截面圖。

不用直接的定量測量時，可利用一種所謂“掃描術原則”。這時居里描測器與記錄裝置互相聯接（圖3c）。在閃爍計數機線路中可使每一計數機輪的轉動按一下電鈕，以帶動一個燈泡或者一個壓印器。不論用何法都能使脈沖成為條痕而記錄在膠片上或紙上。使居里描測器與記錄裝置的移動速度相同，則在每一行間產生一定的條痕密度，這與輻射強度成正比，因而最後可使臟器的形態被認出。

用電流測量方法來記數時，其描筆部分可改裝成觀驗電壓變易的工具。后者就能用來調節一燈泡的亮度（圖3d）。這樣在沖洗後的象片上，在每一行間有一黑化過程，其黑化程度與在相對部位測得的射線強度有關。如此就獲得一幅發生放射臟器的、對比度清晰的影象。

正如客觀的自然目視與倫琴記錄術中的觀察一樣，居里描測術中的觀察也是要經過學習的。因此，在展示一些居里描測圖之前，先說明一個問題，居里描測器看到些什麼？

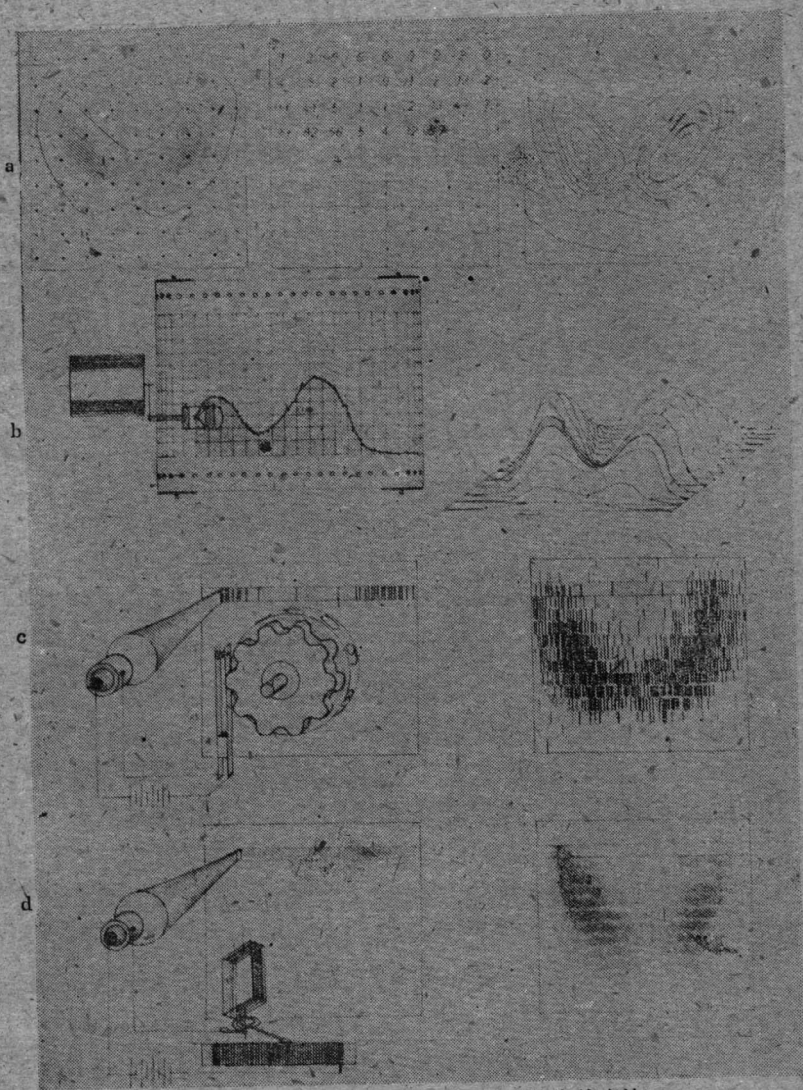


圖 3 在居里描測圖上顯示強度分布的方法

五、居里描測器的“視察性能”

我們必須區別兩種物體：一種是大于居里描測器視道包括範圍的物體，另種是在一個視野內包括得了的那些小的物體(圖4)。我們先來談前者，即每次僅能被測探其一部分的放射發生區。圖5可作這種說明：在一個平均地佈滿放射性物質的平面上，從儀器方面看見的是一黑圈。把這個平面從視道的入口處移得遠一些，則

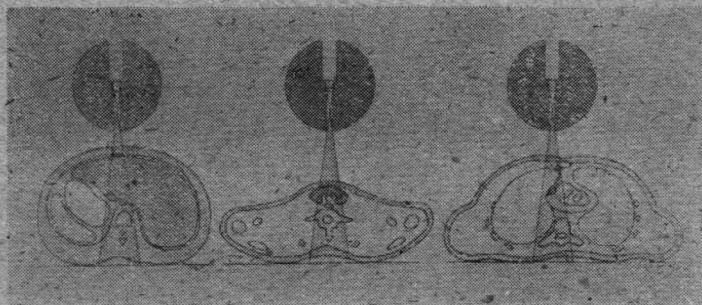


圖 4 不同大小與位置的物體在居里描測器視錐中的情況

自每一單位面積低達晶体上的射綫強度就依距離的平方而減弱。但視野却因距離增加而平方式地增加，從而由平面上記錄下來的放射強度與原來一樣。因此射綫強度是與距離無關的。若我們把上下平面間的空間充滿了更多具有相同放射性分佈的平面，就可以明了總的強度是與平面數量和放射性成比例的。若我們使這些平面均具有一定厚度，并使平面上的放射性均勻分佈于整個容積內，那么就得出最後的結果：射綫強度與被視物體的比放射性和厚度成正比，與距離却無關。這樣，

$$I_1 = c_1 \cdot a \cdot d \approx f(D)$$

I_1 = 記錄所得的強度

c_1 = 常數，代表對大物體的儀器相對靈敏度

a = 比放射性 = 放射性 / 容積單位

d = 物體厚度

D = 與物體的距離

一旦知悉物体的厚度，即可从强度值上推算其比放射性，也即可推算出臟器每一容积單位內經由代謝而到达的物質数量。在这簡單明了的算式中沒有考虑到射綫吸收和散射混雜的因素。然而依我們的測量，在引用 I^{131} 、 Au^{198} 的 γ 射綫，与 P^{32} 的阻抑射綫，假体厚度約达8厘米时，这种算式尚屬有效。

对于在一个視野內包括得了的区域，不必需要作圖說明。其强度依距离平方而减弱，并与物体的总放射性成正比，因此：

$$I_2 = C_2 \cdot \frac{A}{D^2}$$

I_2 = 記錄所得的强度

C_2 = 常数代表点狀放射源时仪器相对灵敏度

A = 物体的总放射性

D = 与物体的距离

于是人們也許会想：基本上应用第一公式就可以，只要把視錐極度圍起来使通过一个相当狹的視道。然而还有兩個原因，使得这种極度圍縮射綫范围的办法非常困难：

1. 从計算上很容易証明，对于大的檢查物的灵敏度，依視道宽度的四級指数而减弱，尽管晶体直徑相应地縮小。这就是說，視道直徑从 1 厘米縮至 0.5 厘米时，灵敏度减为原来的 1/16。但由于放射防护的緣故，势必不能相应提高給与机体的放射性物質数量。

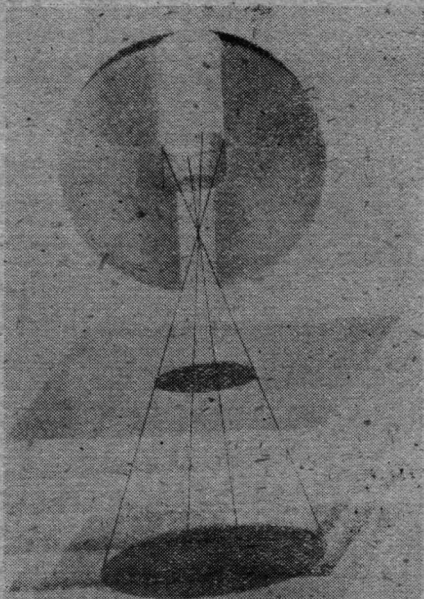


圖 5 說明居里描測器的“視察”性能

2. 若“有效射线”大大地缩减，那末为了要足够地减少干扰射线的影响，就需要非常巨大的开支。这时费用之大（在铅中混悬锡屑，用金制的集射线器）就不能与所得的效用相称。因此在判断一个描测图上的强度值时，必须衡量一下，在有关的部位上其强度值有那些成分参杂入内。我们现在用以计数的视道，有 10 厘米长，5~25 毫米直径。应用的晶体，直径达到 50 毫米，厚度达到 40 毫米。它们记录约 75% 之 500 电子仟伏及 90% 之 300 电子仟伏的 γ 射线。

六、居里描测图示范

下面示范一些居里描测图，说明这方法的可能性和限度。这里选择了等强曲线的作法来作说明，因为它有定量价值的特殊优点。

图 6：这个在我们院内由 Billon 医师主治的女病人，患有转移性甲状腺癌。左股骨部位有广大的骨转移，已可从 X 射线片上察见。原发肿瘤曾经手术割除，并且进行了两次碘治疗，每次 50 毫居里，两次相隔 4 星期。再隔 12 星期后又口服了一次 100 毫居里碘。这里看到的是这次口服后 24 小时 I^{131} 的分佈图（图 6a）。能清楚地看见碘含量增高的组织是，咽下的甲状腺残余、肺内未经详细查明的一处、胃、显得特别鲜明的膀胱、以及已知的骨转移。惹人注意的是，转移处的射线强度远比甲状腺残余处的为高。这种区域性分佈，可用视锥的大小比较出来，因此在转移处的碘浓度确实比甲状腺残余处为大。全身体液中尚含有未被吸收的碘，但大部分碘显然经膀胱而排泄。在后来的日子里（图 6b—6e），可以看到体液中的碘通过肾脏获有进一步的廓清。膀胱中的放射性现时已大为减少。胸腔内较弱的吸收中心变得明显些了。咽喉内与胃内的碘残余很快消失。在消散的中心，由于碘消失得缓慢，仍能辨认。现状是，除骨转移与甲状腺残余外，肺内有两个中心可见。然而在随即摄取的 X 射线上，这部位未能见到转移灶。我们曾追踪这个过程到第 14 日。在第 8 日以后，情况不怎么样改变。仅从第 4 日起，肝脏日复一日更明显地表达为一破坏甲状腺激素的脏器。经用大小不同的视道宽度作对照测定而获得补充鑑定数值后，才对各个分佈

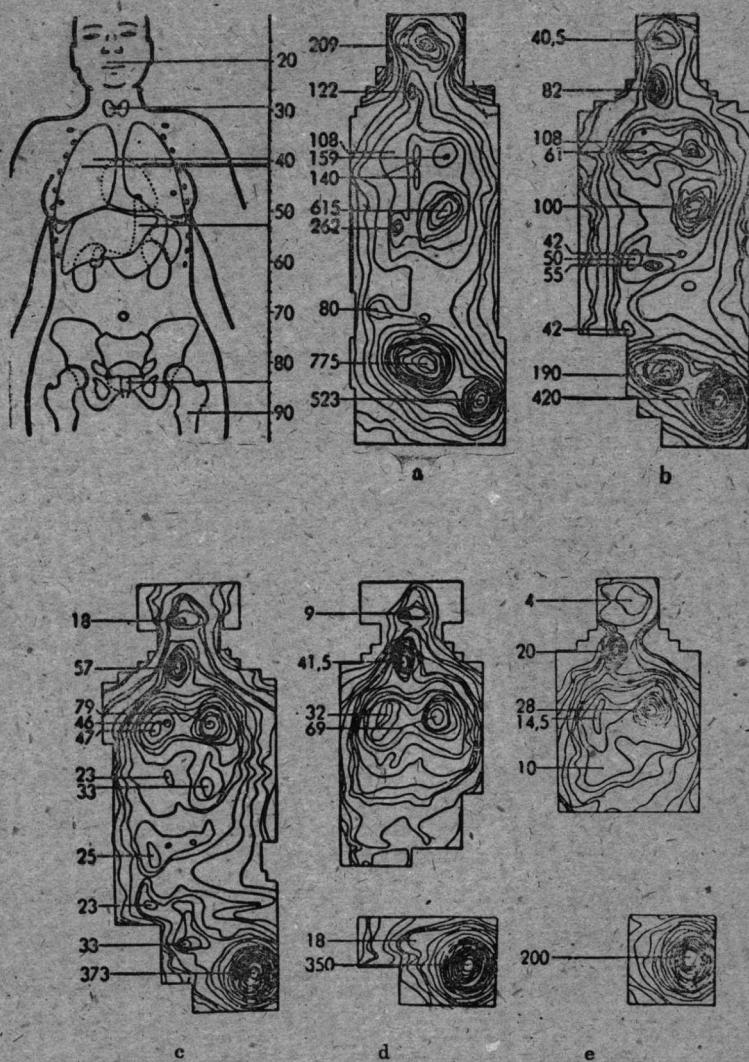


圖 6 一患有轉移性甲狀腺癌病人的碘¹³¹分布
a. 第1天; b. 第2天; c. 第3天; d. 第4天; e. 第8天

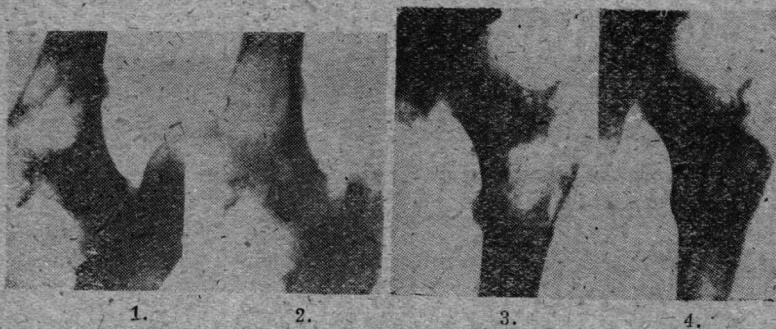


圖 7 股骨轉移經碘¹³¹治疗后的瘡癒过程

1. 1953年2月; 2. 1953年6月; 3. 1954年2月; 4. 1955年2月

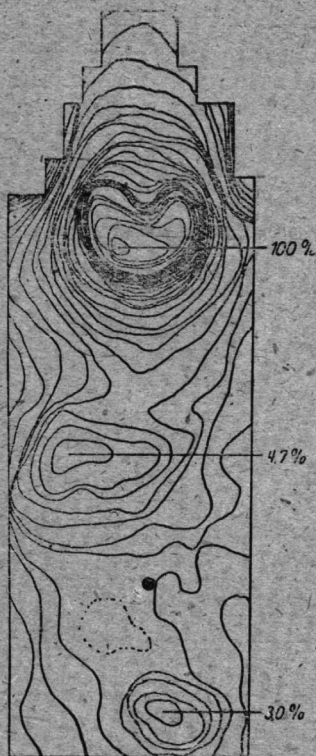


圖 8 一患有甲狀腺机能亢进女病人的碘¹³¹分布

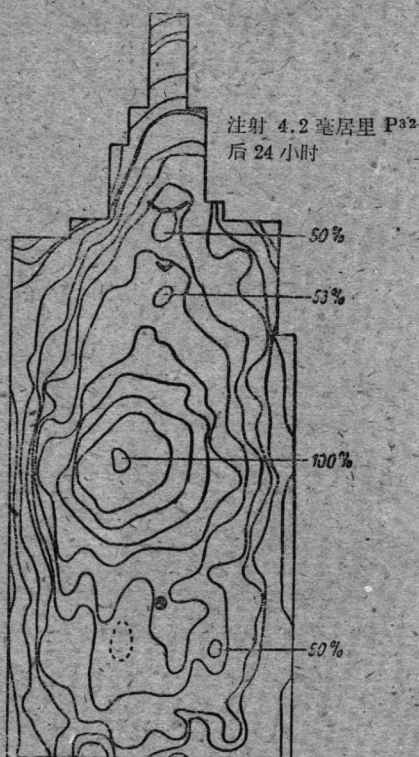


圖 9 一患有真性紅血球过多症病人的磷³²分布; 阻抑射綫强度測量

区的放射性下出結論。那个骨結構，經過了兩年，已完全恢复了（圖7）。这女病人迄今已三年半無病痛。

圖8：其次一圖是一个女病人为了甲状腺机能亢进服用20毫居里24小时以后得出的 I^{131} 分佈。現圖中只显示了高度濃縮碘的甲状腺，还有那吸收得远較微弱的肝臟。

圖9：最后一幅圖是一个紅血球过多症患者經過4毫居里 P^{32} 治疗后从阻抑射綫等强曲綫得出的分佈圖。虽然强度很弱，但肝臟与胸骨尚很清晰。

七、結 束 語

上面示范的居里描測圖取自治疗部分的材料。这样选择的理由主要在于，同位素治疗时，这种圖对于治疗效应的估价具有巨大的意义。为了診斷目的而普遍应用这一方法，亦已显示了它的意义。現今我們已不再拒絕为甲状腺診斷而服食10微居里以得到甲状腺的碘分佈圖。在作甲状腺癌轉移定位診斷与决定它們的吸收能力时，这种裝置給了我們很有用的帮助。应用 Au^{198} 我們也可以作肝腫瘤定位。特別有意义的是將來使用寿命短的 γ 放射性物質，它們的半衰期大約为一日。因此，若有一核反应堆裝置在就地研究的場处，則对于这种方法的將來發展很为有用。然而即便在今日亦已能明了，居里描測术能对临床与研究作出有效的帮助，好似添了一个智慧眼。

总 結

本文对于居里描測术的物理与技术基础作了一般性的介紹，并对于这一方法的要点用圖作了說明。

（陈文新譯 郭俊淵校）

（原載Strahlentherapie, 105(1):91-100, 1958）

参 考 文 献(略)

放射性蜕变的修正計算通用方法

И. Н. Берховская

在利用放射性同位素做实验时，必须考虑到它们的放射性强度是随时间而起变化的。因此，需要对放射性蜕变加以修正。修正計算使我们可能确定应当加入于被檢系统中的放射性同位素的剂量。

例如，为了进行长期的植物生长实验，或者为了按踪跡探求某些机体的消化过程[●]以及其他，就需要計算应当放入多少放射性物质在——情况的土壤中或在后——情况的水槽中。

放射性同位素用于治疗时，也需要对其蜕变进行修正。

关于确定放射性物质的适当剂量的问题，即关于放射性之必要而足够强度的问题，这对正确地进行实验起着决定性作用。所使用的放射性同位素，如果其放射性强度大于实验条件的要求，就可能严重地影响到实验结果，因为照射效应会表现在受研究的对象上。

如果所使用的放射性强度不能满足该实验的要求时，就会减少甚至完全失去正确进行实验的可能性。

常常有必要由理論上推定一种制品在某时间預期的放射性强度，以便在减去蜕变的影响后，闡明同位素重新分布的特征，以及交换强度的变化等。

当某同位素的半衰期与实验的持續时间可用同一单位計量时，其放射性蜕变是否需要加以修正，如果需要，应如何修正，这些问题有时是很难解决的。

为了解决这些问题所必須进行的准确的和迅速的計算，首先与迅速算出放射性蜕变修正系数有关。

● 直譯为消化鏈，但似可譯为消化过程——校者註。

通常在文献中所引用的放射性蜕变方程式是：

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

而蜕变常数 λ 的值是：

$$\lambda = \frac{0.693}{T}, \text{ 式中 } T \text{ 为半衰期。}$$

根据此二式，讀者就可能自己确定放射性蜕变修正系数的值。

可以看出，修正值（即 $e^{-\lambda t}$ ）的计算是相当复杂的，因为要经过许多数学计算。

由于考虑到这些困难，赫維施氏^①編制了 P^{32} 、 Na^{24} 和 K^{42} 等放射性同位素的蜕变速度表。这些同位素放射性的起始强度为 10,000 脉冲。表中編制了几个半衰期的数值。

此表仅适用于该三种同位素。若用其他放射性同位素进行工作时，就需要另外編制类似的表。

然而，即或有这种表，要进行计算还是困难的。因为表中的数值，只是就某一特定放射性强度（例如，放射性起始强度为 10,000 脉冲/分）算出的。当放射性强度为任何其他值时，就得进行换算。

必須指出，在放射学文献中早就应用一种表^②，以便计算氢的放射性强度在每小时内的变化。这些表中均以一单位为氢的最初量。

还应强调指出，不論是氢的蜕变计算表，或是赫維施氏所提出的表，每表只适用于一种放射性物质（它們都有一定的半衰期）。因此，对 700 种放射性同位素来说，就应編出相应的 700 种表。此外，上述计算表规定有一定的起始放射性强度（在氢的计算表中等于 1，而在赫維施氏的表中等于 10,000）；在用其他强度进行工作时，須要进行换算，为此要求出相应的比例。

在本文中，我們將描述一种计算放射性蜕变修正系数的新方法。这个方法是通用的，因为用它可以计算出所有放射性同位素的修正值，这些同位素的半衰期是彼此不同的。

① 赫維施氏放射性指示剂（Хевеши, Радиоактивные индикаторы），外国文献出版社，莫斯科，1950，76 頁。

② 居里：放射性（М. Кюри, Радиоактивность），1947。