

研究生参考材料

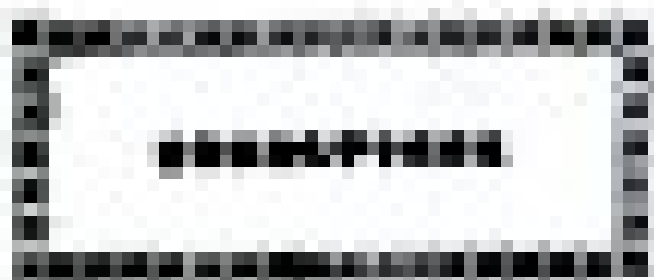
动物生物化学专题讲座

第七讲同位素在动物生物化学中的应用

华中农学院农学系农业物理教研室

1980·10·编

中國人民銀行



中國人民銀行總行 北京

中國人民銀行總行 北京

中國人民銀行總行 北京

第七讲 同位素在动物生物化学中的应用

第一部分 一些有关的方法

§1 制备标记化合物的方法。

所谓“标记化合物”，是指在化合物分子中，某个或某些原子被放射性或稳定性同位素原子所取代的化合物，例如： $N^{15}H_2CH_2COOH$ 、 $NH_2C^{14}H_2COOH$ 、 $NH_2CHTCOOH$ 、 $NH_2CH_2CO^{18}OH$ 等，都是甘氨酸(NH_2CH_2COOH)的标记化合物。在生物示踪实验中，有时还要用到“双标记”的化合物，例如： $N^{15}H_2C^{14}H_2COOH$ 或 $NH_2C^{14}H_2C^{13}OOH$ 等。

制备这类标记化合物的方法，常用的有化学合成法和生物合成法。

化学合成法用 $C^{14}O_2$ 或 T_2O （可直接从反应堆得到）作原料，先合成简单的标记化合物，然后一步一步合成比较复杂的标记化合物。这种方法的优点是：反应易于控制，有较高的重复性，产品精制容易，产品的品种、产量、及定位（同位素原子只标记于化合物分子中一定的（位置）上）要求，可以灵活掌握。产品一般都是定位标记的。但这种方法需要复杂的设备，和复杂的制备手续，尤其不易合成比强度高而量不多的标记化合物。

比较简便的方法是生物合成法，则让植物或微生物去合成所需要的标记化合物，然后再从生物体中分离出这种标记的化合物。然而这种方法，不能定位，合成的有机物是均匀标记的。例如上述 C^{14} 标记甘氨酸，一个分子标记在甲基 CH_3 上，一个分子标记在羧基上，一个分子则在甲基和羧基都标记上了。另外，这种合成法，更难达到高比重的标记化合物。

不论是人工合成或生物合成的标记化合物，不但有另少的问题，定位的问题，比强不高的问题，还有纯度的问题，化合物降解的问题，等。而解决这一问题又与解决那一个问题发生矛盾。例如 H^3 标记的化合物可比 C^{14} 标记的，比强度高（因 H^3 比 C^{14} 的半衰期短），但比强度高，在存放过程中又易使化合物发生降解变性。又如要求纯，就得增加提纯手续，而增加提纯手续时，又会损失一部分产品或使比强降低。因此，制备标记有机物，是一门专门的学问，还在不断地进行研究的过

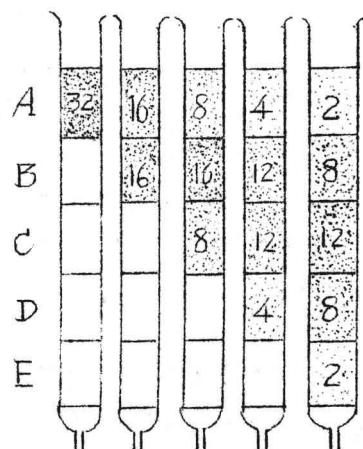
§2 层析技术：

不论是制备标记的化合物，或是分析示踪实验的结果，都必需把某种化合物与其它化合物分离开来。提纯出来，分离和提纯化合物的一种最简便的方法，就是层析技术。

层析技术分吸附层析、逆流分溶和纸层析，气-液层析，离子交换层析、通透层析、亲和层析种种，但其基本原理都是相同的，都是由一固定相和一移动相组成的分离系统，根据被分离的物质性质，选择适宜的物质分别作为固定相和移动相。又根据被分离物质的量，择用柱层析或薄层析。现以吸附层析为例，进一步说明柱层析和薄层析的原理和方法。

a. 柱层析：

右图为一玻璃管，内装5厘米高的吸附剂（即固定相），吸附剂周围是溶剂（即移动相），设每厘米高的柱可装14毫升的溶剂或溶质。为了说明化合物在其中被分离的原理，现假设某溶液中只有一种化合物，其浓度为每毫升32毫克，这种化合物在固定相和移动相中的分配系数等



于1（即可以均匀地分配于这两个相中）。现取一毫升这种溶液从管的上端加入，它在A段的溶剂和吸附剂中^剂进行分配，就有16微克在溶剂中，16微克在吸附^剂中，同时，柱的底下有一毫升溶剂流出。当这种化合物在A段中与溶剂、吸附剂达到平衡后（即在溶剂和吸附剂各分配到16微克化合物后），再加入14毫升溶剂，于是原来在A段的14毫升溶剂（含有16微克的化合物）就向下移动到B段，然后A段和B段的16微克化合物又重新均匀分配在各段的吸附剂和溶剂中，当^{化合物再加入14毫升溶剂时，B段溶剂中的16微克化合物}达到平衡时，A段和B段的溶剂中都各含8微克，就随着溶剂向下移动到C段，A段溶剂中的8微克移到B段，因此B段中的化合物含量不变，仍为16微克，而A段和C段各只有8微克，这8微克化合物又重新均匀分配于固定相和移动相中，当达到平衡后再加入14毫升溶剂，结果化合物在管中的分布如图所示，再加入14毫升溶剂时，又变成如图右所示。结果是，化合物在C段出现最高值，而在C段的上下，化合物的含量则递减。

在实际分离样品时，样品中当然同时存在着几种化合物，由于不同化合物在溶剂和吸附剂中的分配系数不一样，结果，分配系数小于1的化合物，高峰出现在C的上边，而分配系数大于1（即固相分配少，液相分配多）的化合物，高峰便出现在C的下边。换句话说，如果在柱的上端连续不断地加入溶剂，则分配系数^{最大}的化合物，最先从柱的下端流出，分配系数最小的化合物，被溶剂最后洗出，分别收集柱底流出的溶剂，就能得到被分离的化合物。如果一次分离得不够彻底，可以把收集到的有关溶剂重复分离数次，直到所得到的化合物不含其它杂质为止。

如果被分离的化合物具有不同的颜色，在上述分离过程中，就可以观察到不同色带的化合物，依次从柱的底下流出。如果被分离的化合物不具颜色，而具有不同的放射性，那么，把柱层析与液体闪烁计数器结合使用，就可以一边分离一边测定化

合物的放射性了。这在分析实验的结果时，十分有效。

b. 薄层层析

这种技术特别适用于分析少量的样品。方法是在一块玻璃板上，均匀地涂上一层吸附剂，被分离的样品用一根微毛细管滴入或注射进，在涂有吸附剂的玻璃板一边滴成几个小圆点，用吹风机吹干。另外在一个有盖的玻璃缸中，装入一定量（当把滴有样品的玻璃板放入时，样品圆点不会被浸入溶剂高度）溶剂（移动相）。然后把上述玻璃板垂直放入玻璃缸中（有样品的一边朝下，但样品不浸入溶剂中），然后盖好盖子。当溶剂由于吸附作用或毛细管作用，沿着玻璃板向上方移动时，就会带着化合物向上移动，由于吸附剂对不同化合物有着不同的吸附作用，或由于溶剂对不同化合物溶解的速度不同，结果不同化合物就被溶剂带出不同的距离，这个距离用 R_f 表示。 R_f 的定义是：

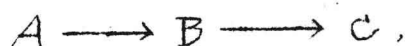
$$R_f = \frac{\text{某种化合物移动的距离}}{\text{溶剂前沿移动的距离}}$$

在一定条件下，不同化合物的 R_f 值不同，而同一种化合物的 R_f 值则是常数。于是，如果知道了各种化合物的 R_f 值，就可以断定出移动到不同点的化合物是什么化合物，如果再用盖革计数器测定各点的放射性，也就可以同时比较各化合物的放射性比强或化合物的含量了。

§3 “截获”技术

在有机体中，各种物质是在连续不断地发生变化着，许多同化中间产物，转瞬即逝，当你把它分离出来时，它可能早已变成了其它物质了。那么，怎么样才能知道有这种中间产物呢？怎么样才能知道这些中间物质是什么物质呢？所谓截获(trapping)技术就可以解决这一问题。

假定C是A的同化产物，在A和C之间是否还有^某一种中间产物B呢？这种中间产物B又是什么物质呢？即在下列反应中，如果有中间产物B，那么在反应过程中，加入一些标记的化合物



物B*，就会有一部分B被B*所取代而形成一部分标记的终端产物C*。同时，加入的物质B*的比强就会降低，这样，也就证明了中间产物B的存在，并且知道物质B是什么物质。

上述A→C的过程中，如果不存在中间产物B，那么加入的B*，比强就不会降低，产物C也不会有放射性。如果A已经是标记的化合物A*，那就可以加入不带放射性的B，如果B是其中一种中间产物，就会有一部分B代替B*形成产物C，于是产物C*的比强就没有原先高，而加入的B却有一部分带了放射性了。

下西举二个实际的例子。

用C¹⁴标记的甘氨酸和非标记的甲酸（甲酸钠）一起喂老鼠时，喂后不到一个小时，在它排出的尿中，就发现带有放射性的甲酸，这就说明，老鼠吃了甘氨酸后，甘氨酸的代谢过程中，曾有过甲酸这一中间产物。但如果喂给C¹⁴标记甘氨酸时不喂给非标记的甲酸，就无法知道有这样一种中间产物。

一先老鼠的肝，温育于标记的组氨酸和^非标记的尿利酸（Urocanic acid，作为载体）溶液，经一定时间后，发现分离出来的组氨酸和尿利酸都有放射性，它们的总比强等于组氨酸原先的比强。但当培养液不加入尿利酸载体时，却无法发现组氨酸的这种降解产物尿利酸。

患动脉粥样硬化的动物，动脉中的胆固醇是从那里来的？是血管组织合成的，还是从血液中沉积起来的？要回答这一问题，可用含1% C¹⁴标记的胆固醇食物，喂给患有动脉粥样硬化的家兔进行实验。如果胆固醇是由血管组织合成的，它当然

就不会有放射性。如果胆固醇是从血浆中沉积而来的，那么，血液中的 C^{14} 标记胆固醇就会逐步沉积或替换血管中的非标记胆固醇，达到血管中和血液中的胆固醇放射性比强平衡为止。实验结果如下表：

血管和血液的胆固醇比强

实验的兔子	饲喂 C^{14} . 胆固醇天数	胆固醇的比强	
		血管的(C.P.m/毫克)	血管的/ 血液的
1	21	133	0.394
2	21	388	0.828
3	21	226	0.492
4	21	300	0.595
5	25	373	0.825
6	30	401	1.19
7	43	356	1.02
8	87	409	1.00

可以看出，只喂21天时，血管中的胆固醇比强比血液中的低，但喂到87天时，两者的比强一致，因而，可以断定血管中的胆固醇是由血液中的胆固醇的沉积而来的。

§4 同位素稀释法：

在普通的化学分析中，被分析的化合物，必须从其物质中分离提纯出来，例如，溶液中硫酸钡含量的测定，要加入氯化钡，使之形成硫酸钡沉淀，然后，洗除沉淀中的杂质（其它钡盐）和水分，称其重量，才能称出原溶液硫酸钡的含量。在这样一个简单的实验中，要求硫酸钡必须绝对干净和完全回收，否则就会得到错误的结论。但用同位素稀释法作这样的实验，虽然也要求回收的硫酸钡必须绝对干净，但不必全部回收。

这在实验方法上就是一大进步。因为净化和完全回收，做起来会互相矛盾。在净化过程中，难免要失掉一部分样品。而完全回收，又难免要保留一些杂质。

假定你有一瓶含量为 y 毫克、比强为每毫克 S_0 C.P.M. 的待测化合物溶液，你可以在溶液中加入 G 毫克不含放射性的该化合物，作为载体。当其与带放射性的化合物均匀混合后，放射性比强就会降低到 S C.P.M.，但瓶中总放射性并没有改变。即：

$$S_0 \times y = S \times (y + G)$$

在一般的情况下， y 比 G 小得多。例如，在含有微量 ($y = 0.1$ 毫克) 标记谷氨酸的氨基酸溶液中，可以加入 100 毫克非标记的谷氨酸作为载体。由于 $100 \text{ 毫克} \gg 0.1 \text{ 毫克}$ ，所以 $y + G = 100 \text{ 毫克} \approx 100 \text{ 毫克}$ ，或 $y \times S_0 = G \times S$ ，或

$$y = GS/S_0$$

这里， G 是已知的， S 和 S_0 都是可以测定的，于是溶液中谷氨酸的含量 y 便可以称出。

反之，如果溶液中的化合物是非标记的化合物，那么加入 y 毫克比强 S_0 已知的标记化合物，均匀混合后，再测其比强 S ，就可称出原溶液中非标记化合物的含量 G 。

$$G = y(S_0 - S)/S$$

§5 同位素衍生物分析法

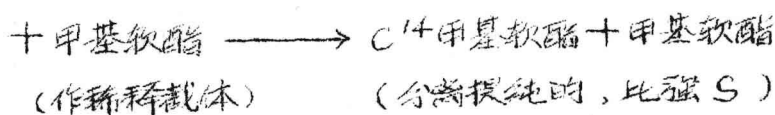
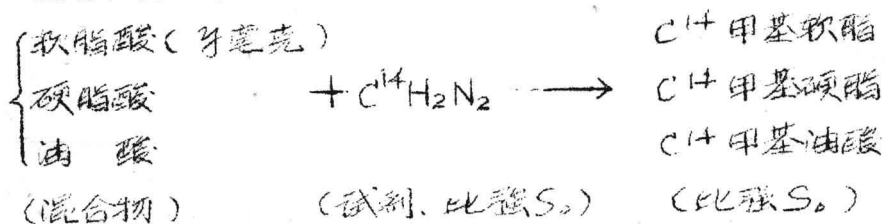
同位素衍生物分析法，就是用放射性标记的试剂，先同要分析的样品进行化学反应，使要测定的化合物转变为标记的衍生物，通过测定衍生物的放射性，计称出该化合物的含量。这个方法是在有机定性分析化学中衍生物法的基础上，应用同位素

示踪和同位素稀释原理发展起来的一种微量分析技术。

例如：要测定脂肪酸混合液中软脂酸的含量，可以在混合液中加入比强已知为 S_0 的 C^{14} 标记的羧甲基甲烷试剂，使产生 C^{14} - 甲基酯（同位素衍生物）。因为脂肪酸原来不带放射性，所以甲基酯的放射性就是试剂的放射性（比强仍为 S_0 ）。然后，为了分离和提纯，再加入 G 克不带放射性的衍生物甲基酯去稀释带放射性的甲基酯。经过稀释后，分离出一部分甲基酯测定其比强 S ，于是，原来脂肪酸混合液中软脂酸的含量 y ，可由下式算出：

$$y = \frac{S G}{S_0 - S}$$

这一过程归纳如下：



因为混合液中原来存在的软脂酸可能极微少，因此若用一般的化学分析方法，就难以分离和提纯出来，于是也就无法分析不出来。但是这里用同位素稀释法，加入了大量载体（ G 毫克）后，就便于分离和提纯了。这种方法，若能正确地选择同位素衍生物（试剂和载体），实际上可以用来分析任何复杂的混合物。因而这种方法在分析化学中占有很重要的地位。

第二部分 示踪方法的应用

第一节 粗分布研究

所谓“粗分布”，是指元素或化合物从地理直到细胞不同部位的分布。这类研究仅是确定元素或化合物的移动。它与后面要讨论的“分子分布”概念不同。“分子分布”是指那些与代谢有关的示踪原子或标记化合物，在代谢过程中的变化，确定这些元素或化合物在代谢过程中的来龙去脉。

1. 地理分布

最简单的“粗分布”研究，同位素不一定要与机体有机地结合，甚至可以把它作成标签贴附在机体上。例如，可以把放射性钴(Co^{60})放入蚯蚓体内，用放射性探测器在地面上探测钴的 γ -射线，以确定蚯蚓在地下位置及其活动。昆虫学家曾用放射性磷(P^{32})饲养昆虫，研究了它们的生活习性，用放射性探测口跟踪蚊子，蟑螂的飞行，例如，用 P^{32} 标记蚊子的卵，孵化后释放，使“标记”的和没有标记的蚊子在给定的地区内互相混合，经过一定时间后再设法捉回一部分，称出这些蚊子中标记的蚊子所占的百分比(它的比强)，于是就可以估计出这一地区内的总蚊子数。这种方法与上一节讲的同位素稀释法，完全相同。

也可以把盛有放射性碘液的胶棒，植入在生活农田中的老鼠皮下，然后释放，用一根长导线连接计数器，逐日探测此老鼠的位置，以了解它的活动情况。放射性碘(I^{131})所发射的 γ 射线，能穿过土层，半衰期只有8.1天，即使老鼠给跑了，也不至于危及安全。做完实验后，还可以用探测口把它重新找到，捉回取出放射性胶棒。

2. 迁移

同研究动物的迁移一样，也可以用示踪原子研究植物从土壤中吸收的营养迁移情况。如上一章Ⅱ—2节所讲到的，利用放射性自显形，研究植物根吸收放射性 P^{32} 的例子。植物在不同时候吸收的无机磷肥，经过X-射线显形后，发现它是经过木质部的筛管向上迁移，而它的同化产物则经韧皮部向下迁移。动物方面的例子，则是对消化道吸收养料的研究。

3. 药物分布

密切相关的是标记农药的使用和分布的研究，以及药物在动物体内的迁移和分布的研究。这类研究对于探讨新药品对人民群众健康的影响，有着极其重要的现实意义。食品和药品的管理部门，也要求生产这些食品和药品的部门，提供实验的证据，以证明他们推销的新产品没有毒害作用。在还没有应用同位素的方法之前，一种药品有无付作用，都要经过长期的毒性试验，经过若干年的时间以后才能作出结论，而现在用了示踪方法，只要几天的时间就够了。所以，这就能够使生产部门很快地通过试验，向管理部门提供他们的实验结果。举一个例子，早在1950年，人们就已发现一种人造雌性激素——乙稀雌酚，牛吃了能大大地增加其体重，改善其肉质，问题就是人吃了这种牛肉后有没有什么影响。为了回答这一问题，就用了 H^3 标记的乙稀雌酚喂牛，然后宰杀，对牛肉进行分析。分析的结果发现，已有50%以上的放射性随着牛粪便排出体外了，瘦牛肉只含十亿分之0.3，肥牛肉只含十亿分之0.32，肝只含十亿分之9.12。这样微小的含量，估计与正常牛肉不会有什么差别，因而说明可以放心地用这种激素去饲养家畜了。

用示踪原子标记的药品饲养动物，分析这种药品在动物体内通过消化道的吸收，通过循环系统的迁移，以及分析这种药物在动物体内各器官中的分布，能较快地对药品的药效作出估价，弄清药品在体内停留的时间，停留的器官，以及它是否发生作

7-10

用和解毒过程中所形成的化合物。用不同的脂肪做成的软膏，会形成软膏有效成分的作用。通过试验发现，用羊毛脂做成的氯化钠 (Na^{24}Cl) 软膏，比用其他脂肪做成的软膏，更容易透过皮层而被吸收。

4. 全身放射性扫描

围绕着放射性同位素分布研究，发展起来一种新的技术，即用探测器在人和其它动物体外，探测放射性同位素在体内各器官中的分布。计数器放在被检查的部位，计数器的四周加上适当屏蔽，以挡住从其它部位或其它角度射入计数器的射线。放射 γ 射线的碘 (I^{131})，半衰期短 (8.1 天)，射线能穿出机体，因而特别适于这类研究。

研究甲状腺的功能，就采用这种方法。甲状腺能分泌一种甲状腺素，这是动物体中唯一含碘的物质。如果服用一剂另放射性碘，其中一部分会迅速被甲状腺吸收，剩下的就排出体外。正常的人，其甲状腺一天只吸收一剂另的 10—20%，而甲状腺机能亢进的病人，吸收的碘可达 50% 左右。因而这种方法，可以很快地诊断出甲状腺的机能是否正常，以及找出不正常的死因。

放射性碘分布的一种有趣的应用，是诊断脑瘤。脑瘤的生长过程有从血管中选择吸收萤光素的性质。如果把这种萤光素加以碘化 (即把放射性的碘原子附着在萤光素的分子上)，形成放射性二碘萤光素，脑瘤能照常吸收这种物质。于是便可以用计数器在脑壳外探测这种物质的 γ 射线，诊断以及转确定出脑瘤的位置。这种方法，对于脑瘤的诊断，脑瘤的手术，具有很重要的实用价值。

也曾用碘化血浆蛋白作过肠的吸收和分布的试验。若用碘元素与完全无碘的血浆蛋白接触，碘原子可能是附着在苯丙氨酸和酪氨酸的芳香环上。如果所用的是放射性的碘素，于是便

做成了标记的血浆蛋白。碘化蛋白在在循环系统中的分布，可以认为和普通蛋白没有多大差别，但必须记住，它们的代谢作用，是不会一样的。

5. “容积”和“空间”的确定

用碘化血浆，不仅能确定血浆在各种器官——肝、肺、脑中的分布，还可以确定血浆在这些器官中的体积。其基本原理就是同位素稀释法（第五章I—5节）。在不影响动物正常血浆蛋白浓度的情况下，注射少量比强已知的高标记血浆蛋白，等到完全稀释（几分钟）后，再从体内取出少量样品，测出比强，标出稀释倍数。假定，给一头小白鼠注射8mg，比强为每毫克50000 C.P.M.的血浆蛋白，经过稀释后再从小白鼠体内取出的血浆蛋白，比强变成了每毫克500 C.P.M.，那就说明稀释了100倍。参与小白鼠体内血液循环的血浆蛋白就有8mg $\times 100 = 800$ 毫克。如果在注射之前，又用化学方法测得了每毫升血浆含有80毫克的血浆蛋白，那么，800毫克的血浆蛋白，便是分布于10毫升的血浆中了。

同样地，用 C^{14} -葡萄糖做过家兔的实验，家兔体中的葡萄糖，佔有570毫升的容积，这个容积，並不包括细胞中的葡萄糖，而只是参与循环的那一部分体液中的葡萄糖。而得到的结论是，血液之中的葡萄糖並不与细胞中的葡萄糖相平衡，细胞吸收並利用了血中的葡萄糖，但葡萄糖並不从细胞中转移到血液中去。

6. 心脏放射学

同样，可以把放射性铬（如重铬酸钾）标记的红血球，注射到血管中去，经过混合和分配后，根据其放射性稀释的倍数，计算血液中红血球的总数。从体外测另纳的放射性（为 $Na^{24}Cl$ ），以研究血液循环。这种研究方法比其它方法更为成功。把标记

好的化合物，在身上某处注入血管，观察这种化合物转移到别处所需的时间。结果发现从手臂转移到身上只需11秒钟，从这一上臂移到另一上臂只需18秒钟。但心脏病患者，这种时间就要长些。根据放射性的消失，也可以探索 Na^{24}Cl 的局部代谢。肌肉注射，大男是通过血液把它转走的，只有1%是通过淋巴系统转走的。止血剂和药物的清除效应，也作过相似地研究。

注射同位素后，用计数器同时探测心脏和其它部位的放射性，能够确定出“全身混合”所需的时间。虽然有些器官比心脏和肝脏，出现放射性的时间会稍迟些，但通常在不到二分钟内，就已完全混合了。这种方法已发展成为“心脏放射学”。即在手臂的静脉中注射放射性 Na^{24}Cl ，在心脏的两侧同时安放二个带有适当屏蔽的盖革计数器，这二个计数器与一台记录装置相连。记录器上有二支笔和一张移动的纸，随着计数器的工作，就在纸上划出了二条曲线。当同位素刚到达心脏的右侧（右心室）时，曲线上便出现一个“波峰”，随后，因同位素随着血液流入肺脏，曲线下降。当标记的血液又从肺脏回到左心室时，曲线上又出现第二个“波峰”，此后，标记的血液便从左心室渐渐消失。这样，就得到了带有一定时间间隔的两个特性波峰和一个波谷的“心电图”。患有心脏扩张的病人，波峰要宽一些；充血而败坏的心脏，波峰的前沿上升得迟些，两峰间的波谷也不明显。这种诊断心脏病的方法，与用心电图诊断的方法，在原理上是迥然不同的。

7. 器官和细胞的分布

研究药物或维生素等化合物的粗分布，有时是为了获得某一器官的放射性比强。曾用 C^{14} ——胡萝卜素研究肾上腺中维生素A的含量，虽然肾上腺中的总放射性可能很低，但每克组织的放射性比强却相当高（见表I），这一结果，就导致了对

肾脏皮质机能的一些富有成果的研究。

表I C^{14} -胡萝卜素处理后组织中的放射性改变

· 服药后的时间

组织	成份	1	2	4	6	10	22	28	
肾上腺	N.S.	N.a	223.6	259.0	431.8	1041.6	221.0	144.9	
	Sap.	—	+	10.3	79.0	72.7	110.0	91.6	
心脏	N.S.	0.405	0.360	0.551	0.849	0.530	0.540	—	
	Sap.	0.420	0.236	0.326	0.454	0.851	0.541	0.225	
垂体	N.S.	3.874	2.165	4.651	14.505	2.406	3.727	+	
	Sap.	+	3.878	6.977	23.750	+	+	—	
		1	2	4	6	10	16	22	28
肠	N.S.	N.a.	1.674	2.182	3.394	1.735	0.379	0.461	—
	Sap.	0.323	—	0.627	—	—	—	—	—
肾	N.S.	0.255	0.338	0.571	0.904	0.882	0.955	1.059	0.785
	Sap.	—	0.547	—	—	0.192	—	—	0.137
肝	N.S.	0.567	0.470	2.367	1.812	4.080	3.654	4.154	1.919
	Sap.	0.282	0.205	0.330	0.355	0.380	0.715	0.205	0.231
肺	N.S.	—	—	+	+	1.468	1.735	1.903	1.059
	Sap.	—	—	—	—	—	—	—	—
脾	N.S.	0.195	+	0.228	0.252	0.415	0.241	+	+
	Sap.	—	—	—	—	—	—	—	—
胃	N.S.	0.585	0.316	0.221	—	—	—	—	—
	Sap.	—	—	—	+	+	+	—	—
血(C.P.M./ml)	N.S.	0.166	0.312	0.237	0.094	0.153	0.105	0.123	0.100
	Sap.	+	+	+	+	+	+	+	+

注: (1) 每分钟每克组织的脉冲数 $\times 10^{-3}$; “+” 痕弱, “—” 无放射性。

(2) “N.S.” 不能氧化剂(大多是维生素A); Sap. 能氧化的。

(3) “N.A.” 结果无效的。

(4) 此实验结果来自 T. S. Willmer 和 D. H. Laughland, Can J. Biochem.

最后，我们来讨论一下同位素在细胞中的分布，细胞中的细胞核，线粒体，微粒体和细胞液等，都可以用高速离心机把它们一一分离出来，因而就可以测定若种用同位素作了标记的代谢物质，激素，维生素或者药物，在这些细胞液中的分布，同时，可根据各细胞中这类物质的相对含量，来探讨各细胞液的生理功能。例如，用 C^{14} 标记的致癌物质二苯并蒽注射到 Submaxillary gland (下颌腺) 时，发现放射性只与亚细胞组织中的蛋白相结合，如表 II 所示。

因为这种粗分布研究，仅能提供进一步研究的线索，所以当研究已经深入到分子水平的时候，粗分布研究成果，就失去了它原先的重要性了。

东毅

表 II Submaxillary Gland (下颌腺) 中放射性的分布

细胞成份	蛋白结合的 C^{14}		
	总 C^{14} (C.P.M.)	总 强 (C.P.M.)	比 强 (C.P.M./微克)
匀 浆	530000	—	—
核	33000	110	19
大颗粒	205000	675	58
小颗粒	23000	35	9
可溶性蛋白	104000	290	27

注：注射二苯并蒽 - C^{14} 1.2×10^6 C.P.M. 一星期后
in tricaprylin.

第二节 分子分布的研究

这一章开头就已经指出，研究同位素在分子中的分布，是为了弄清分子中与代谢有关的问题。而在这类研究中， C^{14} 和 H^3 用得最多，最广泛。差不多所有最新发行的生物学报，尤其