

生物学中的 放射自显影术

(譯 文 集)

科学出版社

生物学中的放射自顯影術

(譯文集)

E. B. 埃尔列克索娃等著

唐 家 駿 譯

陈德明 李慧貞 校

科 学 出 版 社

1963

內 容 簡 介

本书包括自国外近期书刊中选譯的論文十四篇。第一篇扼要摘譯了“某些放射性元素在动物有机体内的分布”一书中的放射自显影原理部分，其余各篇分別介紹了生物学中放射自显影术的許多具体方法，如：氚核标记化合物在放射自显影中的运用，放射自显影象的定量求值，研究蛋白质生物合成中間阶段的放射自显影术以及核酸与蛋白质合成的相关性的放射自显影研究等在方法上有启发性的較新的資料。每篇文章之后附有参考文献。本书可供生物学、生物物理学、生物化学研究人員、技術人員等参考。

生物学中的放射自显影术

E. B. 埃尔列克索娃等著

唐 家 駿 譯

陈德明 李慧貞 校

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 061 号

北京市印刷一厂印刷 新华书店总經售

1963 年 11 月 第 一 版

1963 年 11 月 第一次印刷

(京) 0001-2,300

書号: 2791 字数: 129,000

开本: 850×1168 1/32

印張: 5

定价: 0.85 元

目 录

放射自显影原理	Е. В. Эрлексова (1)
冰冻組織的放射自显影.....	Я. В. Мамуль, Л. В. Орлова (34)
定量放射自显影的簡化标准样件法.....	Х. А. Гецель (45)
获得用电子显微镜进行研究的細菌体放射 自显影象的超薄感光层.....	И. В. Федорова (60) В. И. Феоктистов
根据接触放射自显影象測量含有放射性同位素的 組織切片活性的技术.....	Н. Д. Перумова (65)
研究蛋白质合成中間阶段的放射自显影术	Т. П. Платова (71)
氚标记的化合物在放射自显影中的运用	Л. Н. Жинкин, А. Д. Заварзин, А. К. Дондуа (79)
測定血液中放射性元素的組織学放射自显影法	Е. В. Эрлексова (105)
运用放射自显影法研究磷掺入动物肿瘤和 器官中的状况.....	И. М. Солопаева (109)
用放射自显影法研究巯胺、蛋氨酸和硫酸鈉中 的放射性硫掺入机体的情况.....	Л. Н. Жичкин (115) А. Д. Заварзин
运用三羟乙胺对照象材料的敏化作用改善放射 自显影方法.....	А. Л. Картужанский (127) Б. П. Солтицкий
植物的显微放射自显影簡化法.....	З. И. Журбицкий (130)
依据軌迹或粒子統計对于放射自显影象的定量 求值.....	Hilde Levi, Ph. D., Arne Nielsen, Actuary V. (138)
核酸与蛋白质合成的相互关系的放射自显影研究	Adrienne Ficq, Ph. D. (148)

放射自显影原理*

Е. В. Эрлексова

放射自显影法即是使对电离辐射敏感的乳胶与被研究的材料接触,从而在乳胶中显示出放射活性的方法。在适度接触的情况下,被研究对象中的放射性元素的电离辐射,便能在乳胶直接贴近射源的部位上形成隐蔽的图象。

放射性物质对于照象乳剂的作用及放射自显影象的清晰度,取决于该种同位素放射粒子穿透的能量和深度,也取决于乳胶的特性; α 粒子在白明胶中能透过0.05毫米, β 粒子(取决于它们的软硬度)能穿透0.1—10毫米,而 γ 射线在白明胶中可以穿透好几米。几乎还没有纯 γ 射源放射自显影方面的文献,因为能使 γ 射线在乳胶上显示出来需要10—100倍于 α 粒子和 β 粒子的量(乳胶对 γ 射线的吸收较弱)。 α 粒子和软 β 粒子所得到的放射自显影象最为清晰。

照象方法的原理极其简单,但在研究放射自显影象时需要注意到偶发性电离的可能性、乳胶的特性以及实验条件的影响。放射性物质描繪的程度取决于被研究材料的切片厚度,电离粒子的行程,照象乳剂的特性及其厚度,射源至照象乳剂间的距离和曝光的条件。乳胶是在白明胶中加入溴化银卤族盐细小结晶的一种悬浮液。乳胶的敏感度决定于溴化银的浓度,溴化银颗粒的大小及其配制的方法。被研究制片的曝光时间取决于辐射强度和乳胶的类型。

放射自显影有二种:对比放射自显影和痕迹放射自显影。

为了获得对比放射自显影,可采用各种类型的乳胶,无论是光

* 本文摘译自“Распределение некоторых радиоактивных элементов в организме животных”, медгиз, 1960.

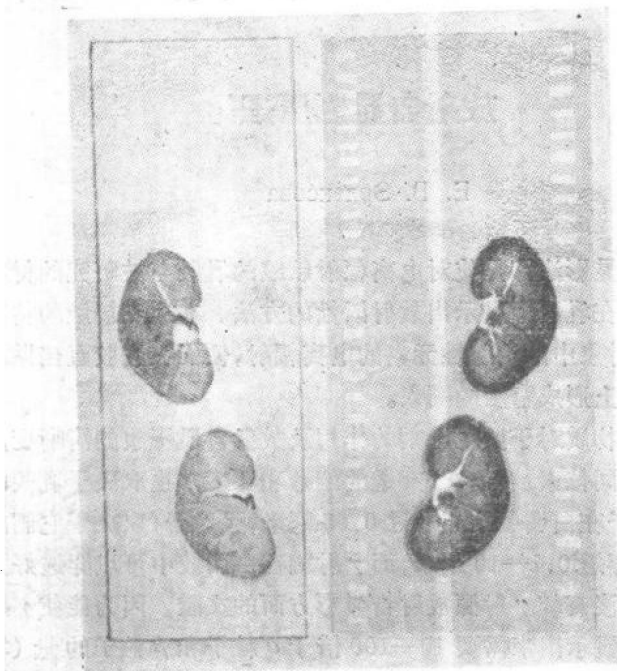


图 1 大白鼠的肾脏切片含有 RdTh^{228} ，置于载玻片上。

图 2 图 1 所示的同一肾脏切片与电影胶片接触 3 天以后的放射自显影象。

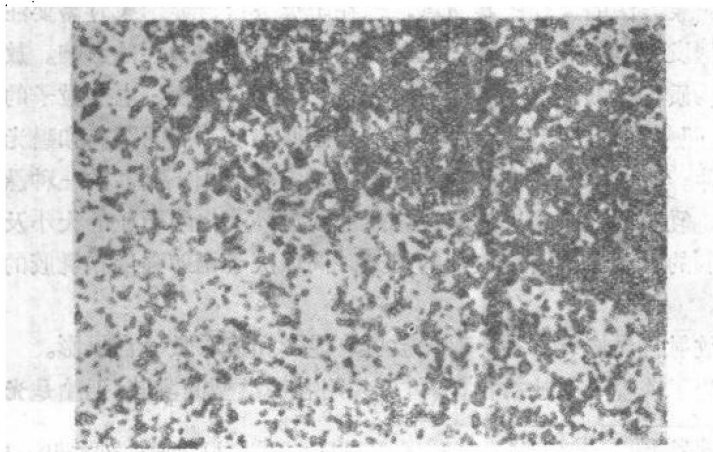


图 3 在显微镜下所观察到的同一肾脏切片的放射自显影象在电影胶卷光学乳胶上所显示的不规则分布的银粒。

学乳胶，或是核乳胶。根据放射自显影象中乳胶黑化的光学密度来推测在器官中放射性同位素的分布及其数量。乳胶黑化密度的差异与被研究组织中放射性同位素的分布有关，基于这一点，不同部位间的光差就形成了放射自显影象(图 1、2)。在 X 光乳胶、电影胶卷乳胶、幻灯片乳胶以及 MK 型感光板上的放射自显影象，可

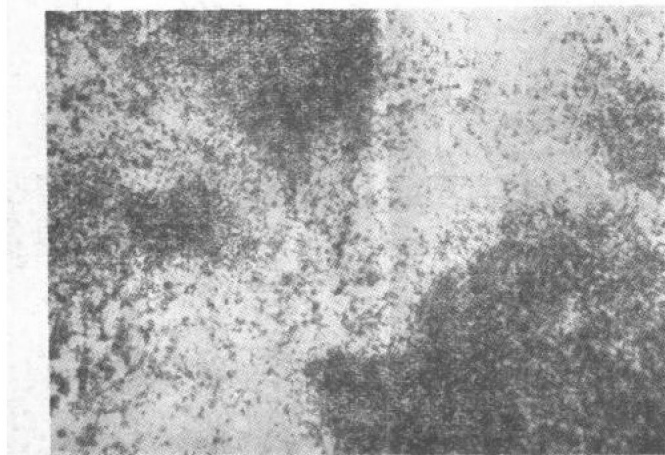


图 4 骨骼中含有 Sr^{90} 的大白鼠股骨切片的放射自显影象于显微镜下在 MK 型胶片乳胶上，在其与含有 Sr^{90} 的组织接触的部位所显示的细小银粒。

根据在显微镜下看到的不规则分布的银粒总和来确定(图 3、4)。

在 A-2 型和 MP 型乳胶上的放射自显影象，可借整齐的形象——银粒组成的轨迹确认出来。 α 粒子、尤其在其行程的终端由显现出来的密集分布的银粒形成了直线形轨迹(图 5、6)。 β 粒子的轨迹是弯曲的，在显微镜下可见的银粒分布稀少(图 7)。这些放射自显影象可称为“对比-痕迹放射自显影象”。其优点是除了能表示出切片中放射性元素的分布(根据黑化

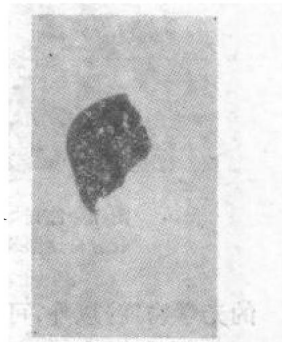


图 5 含有 Pu^{239} 的大白鼠肝脏切片的对比放射自显影象 (MP 型摄影底板，曝光 5 天)。

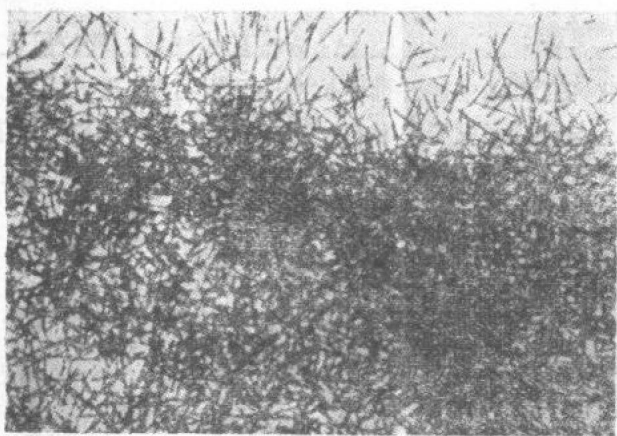


图 6 在显微镜下所观察到的同一肾脏切片的放射自显影象示(大量 α 粒子的轨迹)。

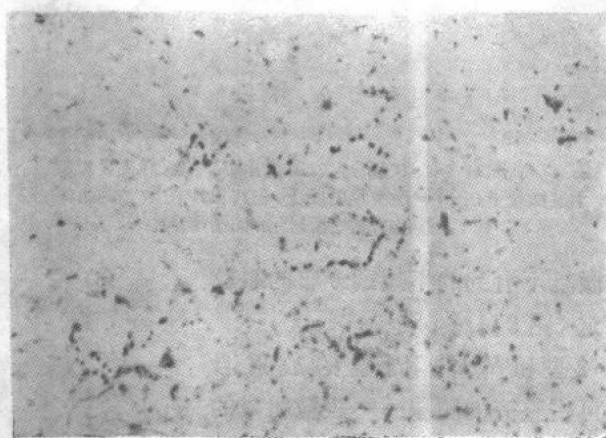


图 7 含有 Sr^{90} 的大白鼠肝脏在 MP 型软片的乳胶上的放射自显影象 在显微镜下观察到的 β 粒子轨迹。曝光一天。

的光学密度)以外,可以借助显微镜分析来确定辐射体的类型。

痕迹放射自显影在短时间曝光或当被研究的组织切片的放射性很小时,就无法根据感光乳剂黑化的光学密度来研究被研究材料中放射性元素的分布(图 8)。

在显微镜下进行放射自显影象的分析。这时可确定辐射体的类型，并通过计算 α 粒子或 β 粒子的轨迹数目进行放射性元素含量的定量估价(图9)。

为了制备含有放射性同位素的组织切片，在放射自显影术中广泛运用了普通的组织学方法(器官小块的固定、脱水、封蜡等)，尽管各种固定液会部分地或是完全地将组织的放射性同位素提取出来。所以，正如许多评论性文章和专著中所指出的，对于放射自显影研究而言，组织制备是一个极为严重的问题(Agnes, J. Williams,

B. Harvey, J. McGasthy Philipo, E. De Lamater, D. A. Noncucuum, 1951)。然而这主要是涉及水溶性放射性同位素和那些组成可溶性化合物的同位素(J^{131} , Br^{82} , P^{32} , S^{35} , Fe^{59} , C^{14} 等等)。很可能，当含有放射性原子的某些化合物与水接触时，这些化合物将从它们聚积的部位洗涤下来或是迁移掉。但是，正如大家所知道的，

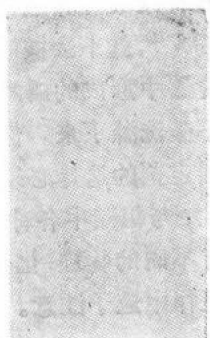


图8 含有 Pu^{239} 的大白鼠肝脏的痕迹放射自显影 肉眼无法看到在 A-2 型乳胶上的放射自显影象。曝光一天。

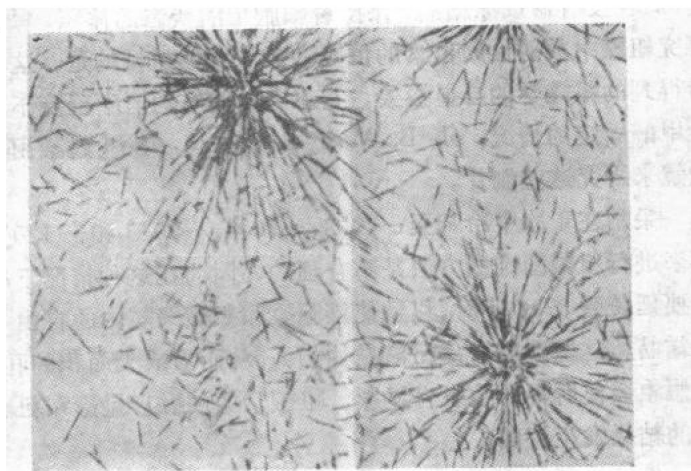


图9 在显微镜下所观察到的图8所示的同一自显影象 示:呈高度分散状态或是集结状态而固定于器官内的 α 辐射体的轨迹。

这种情况并非经常发生。例如在甲状腺胶体中的 J^{131} ，核酸成分中的 P^{32} ，就不会被液体固定剂洗滌下来。局限在骨骼中的 Sr^{90} 和在骨骼中形成的磷酸鈾，都很难从骨骼組織中排出，并且在固定时也不被洗滌下来。但是，为了避免放射自显影研究得出錯誤的結果，固定剂的选择必須考虑到每一种放射性同位素的专有特性（可溶性，与組織中各种成分的結合能力等），因为所有放射性同位素都具有不同的物理-化学特性，并按不同的方式进入生物系統，因此在工作中应予以注意。

組織的固定

放射自显影和組織学的放射自显影研究的結果，与操作的精密性，尤其是組織固定方法的正确选择及其操作关系很大。

用沒有掺入組織蛋白分子的水溶性放射性同位素进行工作时，不宜采用液体固定剂（甲醛、无水酒精、Carnoy液等）。在这种情况下，通过在液态氮中冷却至 -170°C 的异戊烷迅速冷冻的方法使器官小块固定比較合宜，随后在真空中脫水，也在真空中封蜡（E. Pirs, 1956; I. A. Boyd, 1956）。这种方法的优点是冷冻迅速，而且沒有形成冰結晶，保持着細胞生活状态的体积，保留了被研究組織中放射性同位素的位置和数量。但遺憾的是，这种方法所得到的組織学的自显影象，其組織学細节的清晰程度不如用中性甲醛固定的情况。Я. В. Мамуль 和 I. A. Boyd 建議用相差显微镜来研究这些制片。

采用在干冰中冷却至 -40°C 、 -70°C 、 -80°C 和 -120°C 的甲醇来进行組織固定的方法是不合理的，因为在这种情况下冰冻过程要延长到3—4小时，以致使細胞质和組織間隙內的自由水形成冰結晶。这些冰結晶使組織結構损坏，从而形成大面积的孔洞，这些假象会使所得的放射自显影、組織学的放射自显影和組織学研究的結果发生歪曲。

借助組織学方法可获得含有重金属放射性元素的組織和器官，以便同时进行放射自显影和形态学的研究（Е. В. Эрлексова, Л.

F. Bélanger, G. P. Leblong, H. Yagoda, 1946—1948)。

业已确定, Po^{210} 、 RdTh^{228} 、 Pu^{239} 、 U^{235} 、放射性金(还有其他非重金属元素),当它们进入有机体时,或是掺入组织的蛋白分子,或是形成放射性胶体聚合物,这时它们如同个别的原子一样,具有在网状内皮系统细胞——巨噬细胞内积聚和滞留的趋势,这样就使同位素难于从机体排出。用一般组织学方法预先处理组织时(主要是组织的固定),只是在组织空间和组织液中的颗粒(原子)从组织中被浸出到固定液里,而不是被固定在细胞内的以及与组织蛋白相结合的那些颗粒,所以这种浸出并不妨碍对放射性同位素的细胞定位分布的研究。但是,在骨骼组织脱钙的情况下,便发生浸出或是引起放射性同位素的完全重新分布。

我们曾研究过在含有 Po^{210} 、 RdTh^{228} 、 Pu^{239} 的各个系统的组织和器官的小薄片(1—1.5毫米),当它们分别在水和许多液体固定剂(酸性和中性甲醛、无水酒精、Carnoy 液)中浸渍了数分钟、数小时、数天、数月、甚至几年以后,测定这些固定液的放射性。结果表明,上述同位素从组织浸出至固定液中的数量是很小的(1—3%),因此在确定每一种这类同位素在动物机体内的分配和细胞定位分布时,不会受到影响。酸性固定剂会使较多的放射性同位素从组织浸出到固定液中。中性甲醛是用来固定小块器官和组织薄片(1—1.5毫米)的最好的固定剂(中性甲醛的浓度为5%,固定时间为一天),为了避免组织皱缩,可再放在10%甲醛溶液中二天,而后流水冲洗6小时。为避免甲醛对原子核乳胶的化学作用和和组织中产生氧化血红素黑色素,流水冲洗是十分必要的。中性甲醛不引起组织显著变形,只是细胞略为收缩,但毕竟是还保留着最细微的结构。其它的固定液(无水酒精、Carnoy 液)使组织显著收缩,以致难于进行细胞原生质的研究。

组织切片的制备

制备切片时,必须考虑到切片刀刃在切开组织时,把放射性同位素从这一片携带至另一片切片的可能性。每个辐射体应各用

一把切片刀。为了不發生齒隙（刀刃粗糙面會促使組織碎粒的攜帶）需要更經常地磨刀和檢查刀口，每切一切片即須更換切片刀，并把用過的切片刀仔細擦淨。把切片机上所切得的切片放入水中，使之展平，而後撈出，視所採用的方法而把它放到載玻片上或是放到感光板乳膠上。在這裡必須十分小心：每一切片放至水中展平以後，要換水或是更換玻璃器皿，以免把先前的器官切片在水中遺留下來的放射性組織碎粒攜帶到標本上。對於切片厚度均勻性的檢查也同樣是重要的，因為切片厚度不均勻常是錯誤的根源——較厚的部分較之薄的部分含有更多的放射性同位素。

為了得到放射自顯影象，固定三天以後（用液體固定劑，其中包括10%中性甲醛），仔細沖洗，把小塊器官在冰凍切片机上切成厚度為15微米，30微米或甚至為60微米的切片，因為薄的切片，特別是如果這些切片含有少量放射性同位素時，對於獲得放射自顯影象來說，沒有任何好處。問題在於要保證組織面和乳膠之間有平滑的表面及緊密的接觸。堅硬組織（齒，骨骼）的切片可用研磨的方法來製備，為預防破碎可用粘合物質（1%珂羅酊等）預先浸潤組織。小動物（小白鼠，大白鼠）的鈣化不足的骨骼可用冰凍切片机來切片。

與乳膠接觸以前，使切片在空氣中乾燥，并用濾紙除去脂肪，因為脂肪會妨礙銀粒的顯現。我們不推薦用新鮮而未經固定的組織所製備的濕切片直接與乳膠接觸，或是把血塗片直接放到感光板的乳膠上，以免得到假象——在與組織接觸的部位發生與電離無關的乳膠黑化。

把血塗片和組織與器官的薄片放到預先洗脫油脂并鋪上白明膠底層（配方見後）的載玻片上。製片在甲醇中固定5分鐘，在空氣中乾燥，再蓋以白明膠層，干後再加上乳膠。這種白明膠層的功用是防止血塗片或組織薄片對乳膠的化學作用。

預備作組織放射自顯影的組織小塊包埋藥物的選擇，取決於各種不同的因素。例如在研究半衰期短的放射性元素的分布時，常不採用在珂羅酊（火棉膠）中包埋，因為這種包埋的程序需要較

长的时间。在这种情况下,被研究的材料(包括骨骼)用石蜡包埋(普通方法),而后用切片机切成薄片(3—5—8微米),这种厚度的切片可以进行放射性同位素的细胞定位分布的研究。

乳 胶

乳胶的类型是决定放射自显影这一方法分辨力的主要因素之一。由于研究目的不同,可采用若干种类型的乳胶:Ⅰ类——光学乳胶,非屏蔽性X射线薄膜乳胶、幻灯片乳胶和电影胶卷乳胶等;Ⅱ类——供原子核研究而制备的专门性乳胶。

电影胶卷乳胶和幻灯片乳胶具有中等的敏感度,胶粒不大。无屏蔽性X射线薄膜乳胶敏感度较大,但胶粒很大,而其大小不一。这些光学乳胶的分辨力小(与制片的活性无关),所以只是用作肉眼的宏观放射自显影研究。

专为原子核物理学研究制备的乳胶,其胶粒细小(颗粒不超过0.2—0.5微米),具有高度敏感度,可记录 α 粒子和 β 粒子的轨迹。因此它们用作痕迹放射自显影,或是用以获得组织学的放射自显影象。

由于 α 粒子行程短,粒子沿途引起的电离密度大,所以可得到显明的图象。软 β 辐射源放射性同位素也可得到良好的图象。 β 粒子的行程随其能量增加而增加,而 β 粒子沿途的电离密度随其能量增加而减小,所以其放射自显影象是模糊的。具有很大穿透能力,而沿途引起的电离密度很小的 γ 光子,其效果很小,因为它们仅一小部分能量为乳胶所吸收。用粗粒乳胶来描记 γ 光子效果较好。

为要获得清晰的放射自显影象,特别是必须研究象氚这样极短的轨迹的定位分布时,要求乳胶没有底板上的翳影(即使是很弱的)。照象的翳影是乳胶的大缺点,它们降低了放射自显影象的分辨力。出现翳影的原因可能是各种各样的。它可能发生在乳胶的制备过程中,或是在材料的长期保存时,或者在切片的制备过程中(光学模糊),最后,或者也可能由于照象处理而发生了翳影。乳胶

的底板翳影随時間延長而增加，高度敏感的核乳胶可达到頗大的程度。幻灯片和电影胶卷(中等敏感度)上翳影的出現要慢得多，所以可使它們曝光达好几个月之久。基于上述这些，在使用以前我們必須对普通的或是核乳胶照象板进行检查。液体乳胶具有这样一种优点，把它們攪和一下便能消除使用前产生的影象。

乳胶的分辨力决定于乳胶的质量。在放射自显影象中，分辨力是以显微鏡測定組織切片中放射性元素定位分布的精确性为标志的。放射自显影象与組織学結構或各部分細胞之間愈能精确吻合，分辨力就愈高。一些普通乳胶和核乳胶的特性列于下表：

放射自显影所用的照象器材

乳 胶 类 型	敏感度	分辨性能	底 色	应 用 方 法 的 介 紹
X 射綫薄膜乳胶	高	弱	强	主要用于 γ 輻射体的接触法
电影胶卷乳胶	中	弱	中	用于 α 和 β 輻射体的接触法
幻灯片乳胶	中	弱	中	同 上
A-2 型軟片	高	好	弱	用于获得 α 輻射体軌迹的装制法
MP 型軟片	較高	好	弱，但迅速加强	用于获得 α 和 β 輻射体軌迹的装制法
MK 型軟片	高	好	弱	用于获得呈分散銀粒狀的 β 輻射体軌迹的装制法
K 型液体乳胶	高	好	弱	用于获得 β 輻射体軌迹的液体乳胶法
P 型液体乳胶	高	好	弱	用于获得 β 和 α 輻射体軌迹的液体乳胶法
A 型液体乳胶	高	好	弱	用于获得 α 輻射体軌迹的液体乳胶法

許多作者着重指出組織对照象乳剂可能有化学作用 (Я. В. Мамуль, 1958; Дж. Бойд, 1957, 等), 但遺憾的是, 还没有談及关于引起假象出現的物质的詳尽报导, 显然, 乃是因为在这方面的研究还很少。

在我們的大量实验材料中, 組織或器官的切片(含有重金属放射性同位素)是由固定后充分洗滌、脫水、脫脂和加以充分干燥的

組織小块制备成的，这样的切片与照象乳剂接触时对于乳胶沒有显示出任何化学作用。只是在很厚的組織切片或者是表面不光滑的骨骼薄片与乳胶长期接触的情况下，观察到翳影略有加强并有不大的机械作用。这些现象主要是在用来记录 β 辐射体的MP型照象胶片乳胶上观察到的。为了避免得到与組織对乳胶的化学或机械作用有关的假象，有人介绍在用 β 辐射体进行工作时采用由1%珂罗酊(火棉胶)或其它物质的保护性薄膜(0.5—1微米)(Дж. Бойд, 1957)。研究 α 辐射体时不能采用这种薄膜，因为即使很薄的薄膜也会吸收掉大部分的 α 粒子，这就会使对于放射性元素的細胞定位分布的研究十分困难。在长期曝光的情况下，利用1%的白明胶底层較好(把照象胶片在盛有底层液的器皿中浸一下)。我們在用 α 辐射体工作时成功地采用了这种方法。在液体乳胶方法中，底层的功用是牢固乳胶，并防止組織切片对于乳胶的化学作用。

曝 光

电离辐射对照象乳剂作用的时间通常完全取决于实验的方法。实验安排中通常研究的是所有系統的器官，然而放射性同位素在机体内的分布，甚至在同一个器官内的分布也是不均匀的。因此，当所有器官的切片同时曝光时，为要得到清晰的放射自显影象，必須考虑到进入机体的放射活性，和放射性同位素在組織中最大与最小沉积的可能性。为了显示出被固定的小量放射性同位素，最好采用較长的曝光时间。这主要是指接触法放射自显影而言，采用这种方法可以获得在整个机体内放射性同位素分布的总的概念。为了研究精細的細胞定位分布，这种方法必須同时与組織放射自显影結合起来使用。組織学的放射自显影需要的曝光时间較短。

研究含有含量不清楚的某种放射性元素的材料时，先用盖革-繆勒計数器检查切片的放射活性，而后再确定曝光时间为宜。除此而外，研究一系列放射自显影象时，也就是說研究一个組織小块

的一組曝光時間逐個遞增的切片時，這時可獲得最為完整的放射性元素分布的資料。曝光時間過長會使切片的放射自顯影象，特別是含有 β 輻射體的切片的放射自顯影象的分辨力降低，因為在這種情況下放射自顯影象漸漸模糊了。但是，在某些情況下，特別是那些放射性弱的組織切片，或是象前面所談的，當器官的切片內放射性同位素不均勻分布時，持續曝光（1—2個月或者更多）往往是必要的。組織放射自顯影象的曝光時間必須短，因為這樣才容許我們研究原生質或細胞核內放射性同位素定位分布的細節。對於半衰期長的放射性元素，可以採用活性較小的組織切片，同時相應地增加其曝光時間，反之亦然。

為防止在曝光過程中切片的移動（在接觸法中），必須從二面將切片挾住。

為了減少產生翳影，把切片保存在溫度為 18°C 的不透光小匣內為宜。組織放射自顯影最好在不低於 $18-20^{\circ}\text{C}$ 的溫度下曝光。曝光以後，在低溫（ 2°C ）下進行顯影處理和組織切片染色會發生乳膠剝落，因為試劑、水和染料溫度都比較高。應當把每個輻射體和每一組制片分別放入匣內。

顯影和定影

用於放射自顯影的乳膠，通常不要求專門的處理，所以可以按照象顯影的規則進行。但是，如果不精細地遵循必要的規則，在顯影處理時可能會發生錯誤（產生翳影等）。特別需要遵守溫度條件。

核乳膠在 $18-20^{\circ}\text{C}$ 溫度下，在二胺基酚鹽或甲基對苯二酚顯影劑中顯影。顯影的時間決定於乳膠層的厚度。宜於採用酸性定影液，加檸檬酸、醋酸或者硼酸的40%次亞硫酸鹽溶液。定影應當在 $13-15^{\circ}\text{C}$ 溫度下進行。

為了避免照象乳劑處理時染料的浸出，在放射自顯影象製備以後再進行切片的染色。

組織的接触法放射自显影

接触法的实质就是通过被研究的組織切片与照象乳剂的一定时间的紧密接触,从而获得清楚的图象。这种方法很简单,不需要专门的装置,一般实验室内就可进行。

为了获得宏观放射自显影象,可以利用经过固定的或是未经固定的新鲜組織小块的冰冻切片(利用未经固定的新鲜組織小块的冰冻切片,主要是在被研究材料中含有短半衰期放射性同位素的情况下)。用冰冻切片机制备厚度为15或30微米的組織切片,小心地把每一片新切片放到盛有干净水的器皿中,不要使組織损伤,把它们从水中取出后放到复有白明胶的¹³载玻片上,以免器官切片的边缘卷曲或是在干燥时形成裂缝。所得的制片在空气中干燥30分钟。

由整块骨骼(狗、兔)进行放射自显影时,把骨骼纵锯为二部分,先在酒精中,而后在酒精和乙醚中用細粒磨石进行搓磨。磨面愈平愈薄(10—15微米),研究所得结果愈好。小动物(大白鼠,小白鼠)的骨骼切片可用冰冻切片机制备(只限于软骨——译者注),因为这种片子很易切削。将所得的如同器官的切片一样的骨骼薄片干燥,而后把它放到照象胶片或感光板的乳胶面上,进行必要期限的曝光。

电影胶片要求在全黑的室内操作,117或118号照象胶片(A-2型、MP型、MK型照象胶片或是核乳胶)可在黄-绿光暗室内操作,把放有組織切片的玻璃片放到照象胶片的乳胶面上,并用軟木的或是塑料的夹子把它们挟牢(图10)。把制片放入不透光的匣子内,在18—20°C温度下曝光一定时期(从几分钟至1个月,或者更久),曝光时间取决于进入动物体内的放射性元素的数量及特性,也决定于所用照象材料的类型。

在照象胶片或摄影底板曝光以后,把它与切片分开,并进行显

1) 可以利用预先进行定影和冲洗而去掉銀粒的普通摄影底板。