

# 同步辐射在医学中的几个应用

陆 祖 荫

## 一、从地道药材谈起

我国历代名医在处方时十分注意选用地道药材。宋朝寇宗奭指出，“凡用药必须择土地所宜者，则药力具，用之有据。如上党人参、川西当归、齐州半夏、华州细辛、……，其物至微，其用至广，盖亦有理，若不推究厥理，治病徒费其功。”明朝李时珍写道：“动植形生，用地舛性，……，离其本土，则质同效异。……”北京同仁堂数百年来严格采用地道药材，故所制药品品质优良，信誉极佳。举大黄为例，均取青海西宁所产。为什么西宁大黄优于别处的大黄呢？人们对各地的大黄进行了分析，发现西宁大黄含锰和铬两种微量元素的量比别处的大黄含量高 5 至 15 倍，特别值得注意的是，西宁大黄含有微量的金，别的大黄没有。这些微量元素的差别非常可能是西宁大黄优于别的大黄的原因。微量元素看来对药材优劣有重要的意义。

随着近代医学的发展，人们逐渐认识到微量元素对人体健康至关重要（微量元素一般是指含量在人体重量百万分之一以下的化学元素），微量分析的各种手段在医学中也引起了重视。用中子活化分析方法测出拿破仑头发中含有过量的砷，确定了拿破仑是砷中毒死亡的原因，这个故事已经在科普读物和各种文摘中广泛报道。

有些微量元素含量极少，但对人健康关系甚大。例如我国的地方病大骨节病，从各种迹象表明病人的红血球细胞膜缺乏硒。但是分析它很困难，因为正常人红血球膜含硒量已在现有荧光分光光度计测量范围之外，缺硒的病人就更难以分析。

利用同步辐射的 X 光荧光分析可以轻而易举完成超微量元素的分析。

什么是 X 光荧光分析呢？我们知道当 X 光照射某种原子时，该种原子就发射一组标志着该元素的特征谱线。根据原子的特征谱线就可以分析出一个样品中该原子的含量，这就是 X 光荧光分析的原理。

利用同步辐射进行 X 光荧光分析有两个优越性：一是同步辐射光强度大，比普通 X 光机的光强大  $10^3$ — $10^6$  倍。二是同步辐射光是偏振光，它在  $90^\circ$  方向上散射最小，因此在  $90^\circ$  方向上进行测量，本底最小。这两个优点，大大提高了测量的灵敏度。理论上，测量的灵敏度可以达到 10ppb。(1ppb =  $1 \times 10^{-9}$ ，十亿分之

一)。只要我们把本底降到最小，就可以达到这样高的灵敏度。

实验装置图（图 1）5 至 20 keV 的 X 光经过一个

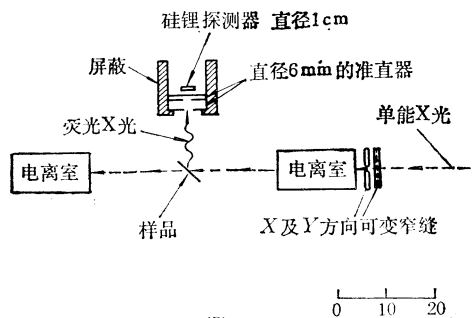


图 1

Si<220> 双晶单色器选择出一束单能的 X 光，光的能量分辨率  $\Delta E/E = 10^{-4}$ 。X 光照射到样品上，荧光探测器放在与光束成  $90^\circ$  方向进行探测。

但是我们希望测量的某个元素，它的荧光谱线常常会因为样品中含有别的某个元素的荧光谱线与它邻近发生重叠而受到干扰。对于这种情况，可以利用不同元素的吸收边能量不同而区别开来

图 2 是碘、溴、钙及水吸收截面随入射 X 光波长的

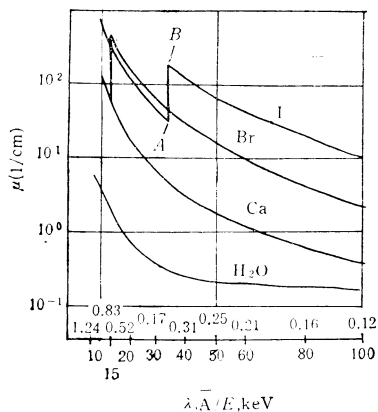


图 2

变化。可以看到，当 X 光能量在 33160 电子伏左右，碘的吸收截面突然增加了 8 倍左右；而溴、碳等的吸收截面变化不大。这种突然增大之处称为吸收边。我们如果用能量略大于碘吸收边的能量，例如  $33160 + 50$  电子伏的 X 光来做荧光分析，则由于这时碘的吸收截面

变得很大,荧光谱线就会突出,就能很容易测量。

利用这种方法,我们可以测定牛肝中硒的含量。

## 二、心血管医生的希望

心血管及脑血管疾病常常突然发病导致死亡。患者的血管狭窄、特别是冠状动脉及大脑动脉的狭窄是一个主要原因。利用血管造影术对这些部位的血管造影,鉴别其实际状态,对预防疾病有重要的临床意义。

X射线血管造影术是将含碘的浓溶液注射到所要观察的那段血管中,用X光照射该区域。由于碘对X射线的吸收很强,强于血管周围的肌肉的骨骼,因此在X光底片上可以看到那段充碘血管的形状,从而判断血管是否有变窄的部位。

由于骨骼和肌肉对X射线也有吸收,在底片上造成背景,现在利用计算机将未充碘时及充碘后的同一部位的两张底片上的每一点的黑度数字化,送入计算机作减法处理,使本底的扣除比较完善。但是要得到一个反差足够大,图象清晰的血管造影底片,通常仍需要大约370mg/ml浓度的碘溶液。这样高浓度的碘油,在临床上无法用静脉注射,只能用导管的方法直接输入该部位,例如用心导管插入心脏做冠状动脉造影。这种手术比较复杂,并且有一定的危险性。

心血管医生们迫切需要有一种安全简易的造影术。关键是要降低注射碘溶液中碘的浓度。譬如说从370 mg/ml降低到20 mg/ml,降低到可以用普通静脉注射的水平。

同步辐射提供了这种可能性。

同步辐射的双能量照像法是将X光能量调到碘 $K_{\alpha}$ 吸收线的能量(33.160keV)上下各照一张相底。

在 $K_{\alpha}$ 能量以下,比如说33.160~0.050keV处,碘的吸收系数只比骨骼、肌肉吸收系数大1~2个数量级。但是当X射线能量等于碘的 $K_{\alpha}$ 吸收线时,碘吸收X光的本领比骨骼和肌肉吸收的本领立即大了 $3.9 \times 10^4$ 及 $1.7 \times 10^5$ 倍。这样我们在33.160~0.050keV处又照一张像,在这样小的能区范围内,骨骼和肌肉的吸收系数变化不大,而碘的吸收系数变化剧烈。将两张底片的图象利用计算机相减,就可以得到一张扣除了骨骼和肌肉造成的背景,得到一张清晰的碘的吸收的血管图象。

实现双能量照像法对同步辐射光束线有两个要求:一是光束的宽度要足够以覆盖心脏的全宽;二是需要有快速能量切换的装置。因为光束是从上到下对样品进行逐行扫描的(实际上是样品作垂直运动,光束位置不动)每扫描一行,能量都要切换一次。快速切换,特别是对跳动的的心脏来说更为必要,以免搏动造成造影的模糊。

双能量造影法除了可以静脉注射、可以快速造影两个优点以外,病人受到的X光辐射剂量也大大减少。

美国斯坦福大学对心血管造影术进行了多年的研究,根据1985年的报告,照射心脏用的光束宽度已经从2厘米扩展到12.3厘米。能量切换的开关由于采用了鼓状转动开关,已由每次300毫秒加快到38毫秒。已经具备了人体心血管造影的条件。1985年已拍到狗心脏动脉照片。

利用同步辐射软X射线显微镜可以观察几个微米厚度的活的含水生物样品。《高能物理》87年第2期J·柯兹教授已详尽地介绍了。在此便不多写了。