

美国核医学访华代表团
部分报告及座谈

(专 辑)

中国医学科学院医学情报研究所编印

前 言

本专辑收集了1979年10月25日—11月5日美国第二批核医学代表团访华时在京、沪两地所作的学术报告和座谈的大部分内容。其学术报告的讲题比较广泛，在一定程度上反映了当前美国核医学的水平。在座谈及问题解答中也就我国核医学工作者所关心的一些问题进行了讨论和交流，有一定的参考价值。但由于该代表团访华时间短，又进行了旅游，报告和座谈时间有限，因此在内容的深度和广度上不能不受到一定限制。

本专辑是根据录音整理的，参加整理工作的同志付出了辛勤的劳动。同时在编辑、审稿过程中还得到王世真、高润泉、周前、吴德昌、马寄晓、刘秀杰等同志的大力支持和具体帮助，特此表示谢意。

由于编辑水平有限，难免有错误或不当之处，望读者批评指正。

编 者

一九八〇、三

目 录

一、心血管核医学·····	(1)
二、核医学诊断程序的效能·····	(5)
三、放射性药物进展·····	(10)
四、电离辐射的生物效应与核医学·····	(15)
五、核医学在肾脏病学中的应用·····	(21)
六、从治疗观点谈核医学在肿瘤诊断中的作用·····	(22)
七、 ¹³¹ 碘治疗甲状腺机能亢进症·····	(24)
八、24小时 ^{99m} 锝脑扫描 的 评价·····	(26)
九、泪管及睾丸显影·····	(27)
十、核医学的组织管理问题·····	(28)
十一、技术员在核医学中的作用·····	(29)
十二、美国医学保健及医学保健教学的新概念·····	(30)
十三、从护理学观点看美国核医学·····	(30)
十四、用X线及同位素检查骨折·····	(31)
十五、美国核医学代表团在沪时就听众提出的问题所作的解答·····	(31)
十六、美国核医学代表团在京座谈纪要·····	(34)



心血管核医学

M.D. Blaufox

(爱因斯大学主任教授、美国核医学会常务理事、
《Seminars in Nuclear Medicine》主编)

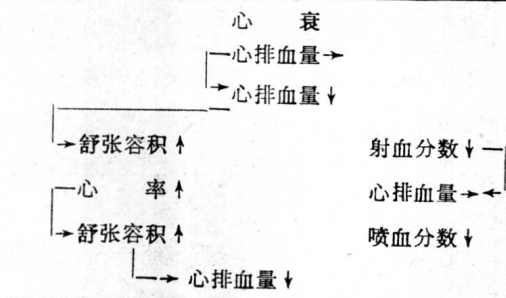
美国原子医学最重要的领域是心血管系统的原子医学。每年做大量工作。回顾历史，在过去的10年中，原子医学用于脑扫描较多，占整个原子医学的25%，近年发明了CT，脑扫描减少了，加上有了新的仪器，心血管方面的检查取而代之，目前已占整个每年原子医学工作的10—15%。此外还有胆道方面的检查。

我们研究所有2000张病床，每年做2万个核医学检查，其中5—10%是心血管方面的检查。

我在此强调检查心排血量和射血分数的重要性。

$$\begin{aligned} \text{心排血量} &= \text{每搏量} \times \text{心率} \\ \text{每搏量} &= \text{射血分数} \times \text{舒张期容积} \\ \text{射血分数} &= \frac{\text{舒张期容积} - \text{收缩期容积}}{\text{舒张期容积}} \end{aligned}$$

图一：从下面的图解说明这方面测量的重要性。



从上图可见射血分数下降的出现早于心排血量，前者较敏感，后者出现较迟。

直至近年，我们才有检查心排血量的方法，在此以前，只能用导管，它是创伤

性检查。虽然可以用超声心动图来计算射血分数，但如果病人心壁增厚等情况，计算就不易准确。核医学的优点是安全、准确。现在射血分数的检查已常规用于门诊和病房。

检查心脏的方法有两种，一种是查功能，另一种是显影，即看形态。

看功能又有两种方法——r照相机、探头（我知道目前北京有一个探头，在阜外医院）。

表1 心血管核医学（功能）

1. 照相机或探头	
一次通过心排血量	
一次通过射血分数	
门电路射血分数（gated）	
心室容积曲线	
2. 有些检查只能用r照相	——观察心脏活动心壁活动
运动机能减退	} 这部分也重要
运动机能不正常	
无运动	

在美国有很多医院只算射血分数，心排血量被忽视，其实它可以提供很多有用的情况。

一次通过，用r照相机，注射示踪剂只需要很小的体积，用冲击一次注入。

图二是一个例子：病人注射15毫居里^{99m}Tc。图示2秒钟的积累放射性：①放射性见于上腔静脉→右心房→右室→肺动脉②到肺③到两肺④10—12秒钟可到左室，此时右心的放射性已不大看见。此法不但可看图形还可以测放射性的量。

我们用照相机带电子计算机进行该项检查。

图三：示静脉注射同位素后，放射性经过的曲线——下面是本底，曲线低、平，上面是左室，有一峰，每一点积累50毫秒放射性。

图四：示收缩期及舒张期心室放射性（每格2秒，将心室放射性减本底，就可得到心脏真正的放射性强度。

图五：示舒张晚期曲线，收缩晚期曲线

$$\frac{\text{舒张晚期} - \text{收缩晚期}}{\text{舒张晚期}} = \text{射血分数}$$

图六：将直接用导管测出的射血分数与同一次通过方法测得的结果相对照，相关良好，初期工作的相关系数为0.7，现在相关系数达0.85。

此方法安全、简易、重复性好。

除上述方法外，还有其他方法算射血分数如门电路方法。

一次通过方法简便，检查只需30秒，计算只要数分钟。

门电路方法：原理是记录放射性曲线的同时，记录心电图。用电子计算机记录心脏信号，将放射性信号与心电图配合。以R波为触发点每间隔10毫秒收集一次计数率，信号存在电子计算机内，此法所需时间较长，约3—4分钟，但所得资料可靠性要好。

门电路法收集4分钟信息（形成2个心动周期），在此段时间代表300次心跳，从舒张期到收缩期曲线斜率下降然后上升，根据舒张期和收缩期计数率计算EF，此曲线所得结果与导管测量结果相关良好。此曲线为心室容量曲线，并可观察药物的作用。

图七：造影测得EF与门电路法结果相关很好。

图八：一次通过测EF与门电路法结果

相关很好。

一次通过法与门电路法可以交替使用。

什么时候用门电路法，什么时候用一次通过法？取决于我们所要观察的是那一方面的生理问题。如果我们观察高血压病人做活动地板运动试验，希望观察病人的最高心率宜用一次通过法，如用手握的运动试验，观察其在一段时间内的变化，则用门电路法较好。

市售的“单探头”机，称“核听诊器”，目前阜外有一个。

用探头方法比较盲目，用照相机，可以看到心室，用探头，看不见，只能反映放射性的变化。我实验室有一位张医师发明了一个办法，克服了这一缺点。

用照相机观察心室，有兴趣的区域是流出道、本底、心室三个部分。如果置于流出道，曲线的放射性最高，波动不太大；如置于心室，有明显周期性，放射性不如主动脉高，如置本底，放射性最低，无周期性。我们现在正想办法改进机器，使探头位置准确地来分析此三部分曲线。

将探头置于胸部，向心脏移动，可见放射性越来越明显，波动大，以后离心脏远，波动渐小，通过曲线，可以认出放射性高处为主动脉，放射性有周期者为心室，平坦者为本底。

2个病人的探头检查结果，一射血分数为56%，另一为60%。

图九：示80例次用探头检查与照相门电路检查相关良好。

Winter医师在另一实验室所得结果亦与此近似。

表二：一病人一系列地重复检查射血分数。休息时多次检查结果相近，冠心病做运动试验，射血分数降低，休息后又回复到原来的水平，可以采用此种方法随访

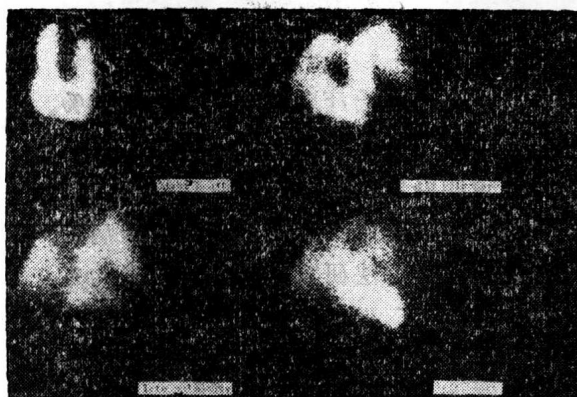


图 二

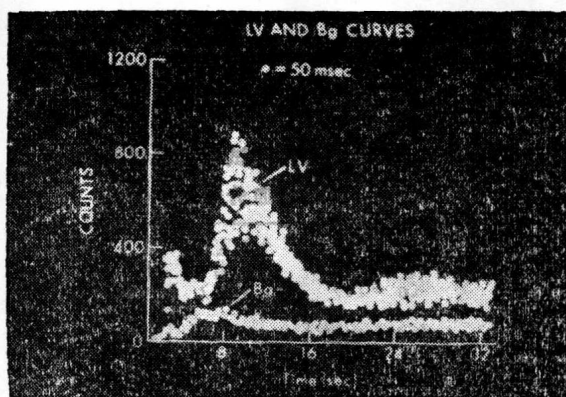


图 三

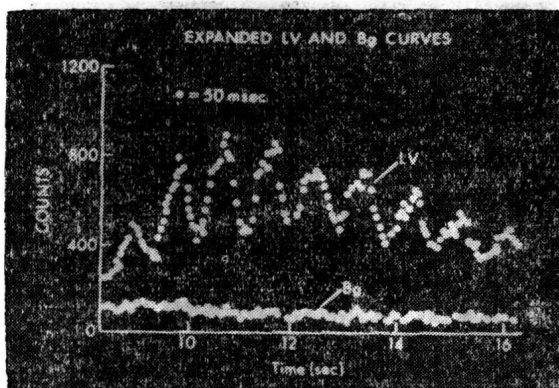


图 四

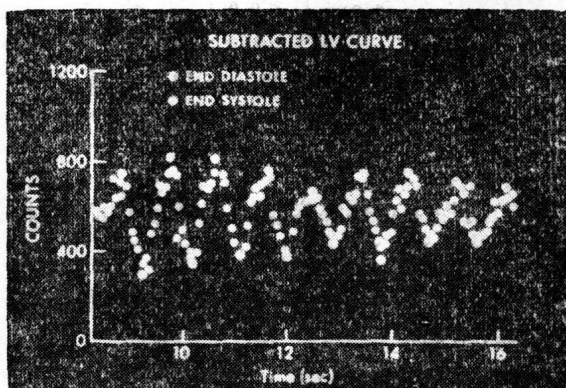


图 五

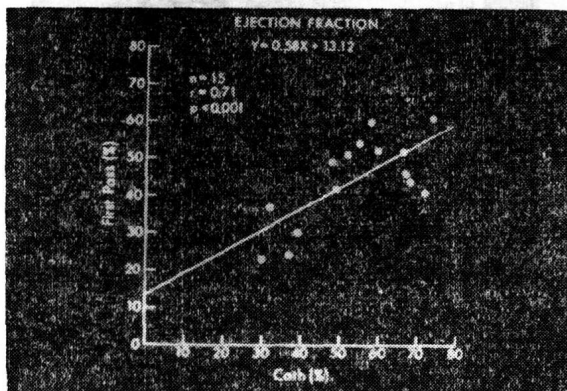


图 六

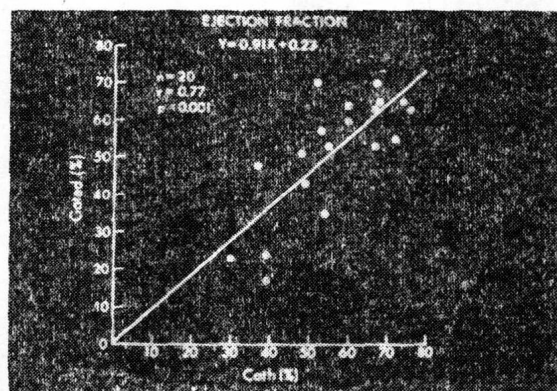


图 七

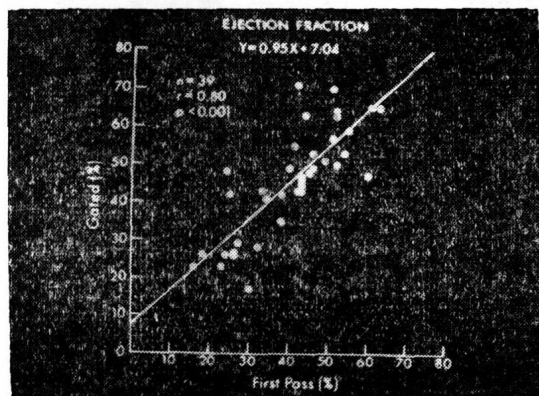


图 八

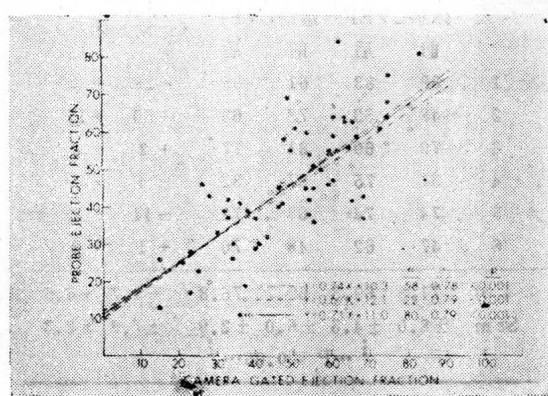


图 九

病人或是观察运动试验的变化。

表二 等容握力运动试验前及试验时的射血分数

病人组	正 常 (n = 10)		全部冠 状患者 (n = 17)		三支血管病 和左主干病 (n = 11)	
	休息	运动	休息	运动	休息	运动
平均左室 射血分数	58.3	58.7	53.4	44.0	52.4	43.9
S.E	2.3	3.7	2.7	2.9	3.3	3.7
P	n.s		<0.001		<0.005	

探头的优点：价廉、用起来方便。

缺点：技术上要很注意，因看不见心室。

用探头观察等容握力运动试验前后射血分数 (EF) 的改变：

正常情况 (查10人)，握力运动试验前后EF相近

冠心病病人 (17人) 运动前57.4%运动后44%

三支血管病变的严重冠心病病人运动前52%，运动后43%

原发性高血压病人早期的心脏功能，有二点值得注意：

1. 射血分数与收缩压之间的变化有直接关系

2. 运动试验时正常反应消失

表三说明病人治疗前：休息时EF 71.3% 运动试验69.7%

表三 运动时左室 LVEF 的改变

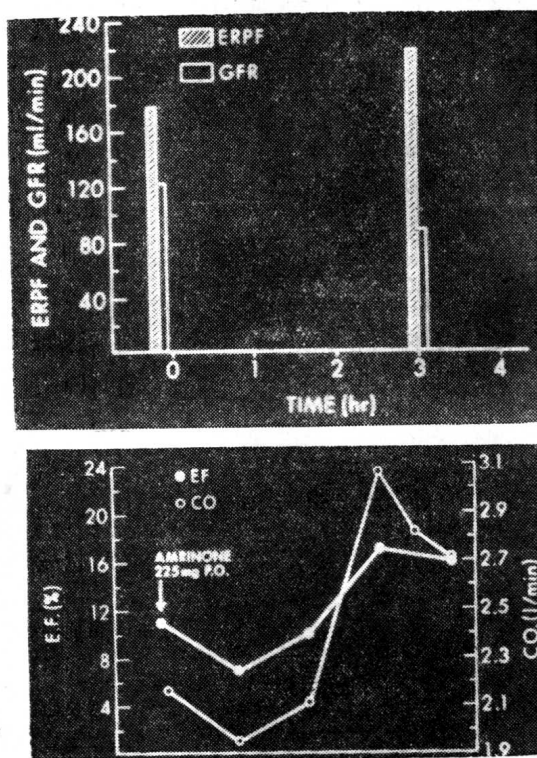
病人	休息LVEF		运动LVEF		LVEF (运动-休息)	
	前	后	前	后	前	后
1	39	83	61	36	-28	+3
2	48	53	78	68	+30	+15
3	79	69	81	77	+2	+8
4	91	75	87	82	-4	+7
5	74	74	63	72	-11	-2
6	47	62	48	70	+1	+8
平均	71.3	69.3	69.7	75.8	-1.7	+6.5
Sem	±8.0	±4.3	±6.0	±2.9	±7.8	±2.3
	...P < 0.05...					

用降压药治疗后休息时 EF 69.3%，运动试验75.8% (近于正常)。

说明降压治疗恢复心脏功能。

我们现在用此方法观察高血压病人，因为核医学方法研究心功能比过去的方法好。

图十：最后的一个例子：观察药物治疗后的变化。



图十

病人有严重心脏病，开始时 EF 为 12%，用一种新药 Amrinone (?) 注射一次焦磷酸，然后注射得，这是体内标记红细胞的方法，可以做门电路方法，数小时只需注射一次，不须重复，结果观察到药物的作用。2 小时是药物作用的高峰，此时 EF 上升，3 小时 EF 上升很多，心排量上升，这样我们就可以很敏感地反映出药物对心脏的作用。

我对肾脏很感兴趣，我做一次通过方法可以同时观察肾功能，只要用合适的标

记物。我们用^{99m}锝标记的EDPA,在这组病人的检查中可以见到用药前后肾小球滤过率有明显升高。

这只是在心血管功能领域内很少的一部分工作。

讨论:

刘大夫问:最近几年超声的发展很快,教授对此问题如何看?

Blaufox:超声心动图是检查瓣膜疾病时的首选方法,此外检查心肌厚度有其优点,至于检查心脏功能如EF,心排量,则同位素较好,更重要的优点是同位素方法可以检查运动时的病人。所以概括地说,超声看形态,核素看功能和运动、药物影响以及心肌梗塞的显象。超声能看心肌活动,但不如核素。

刘大夫问:最近用Myosin抗体查心肌梗塞,教授看法如何?

Blaufox:Myosin抗原显影问题,不

是心肌摄取而是血运问题。如病人发生心肌梗塞,灌注降低,血流不能达到,同位素示踪物不能到达该区,是为“冷区”,计算时应考虑有的是没有灌注,有的部分是稍有灌注,可以分辨缺血或坏死。Myosin抗体好象很好,但此标记物不见得比焦磷酸盐好,主要看血流,如果没有血流,再好的标记物也进不去。

刘大夫问:焦磷酸盐假阳性多,Myosin抗原据说这方面稍优。

Blaufox:我们分四级,假阳性不是主要的,主要的是假阴性。++、+++才认为是心肌梗塞,I级无意义。据称用Myosin抗体的优点是特异性高,能较早发现心肌梗塞,但只是从理论上讲,我对此没有充分自信,目前尚在动物实验阶段,也未能证明这一点。

(医科院情报所余国膺整理)

核医学诊断程序的功能

S.W.Smoller

(爱因斯坦医学院公共卫生系教授、流行病学和生物统计教研室主任)

报告的题目是核医学诊断程序的效能。我将讨论分析方法和应用它的特异性,以²⁰¹Tl作心肌显象为例来说明。先讨论分析的种类,评价核医学和其他领域中特殊的过筛或诊断试验的相对优点。在讨论以前,统一一些名词的表达法:

设: D+代表有病;

D-代表无病;

T+代表试验结果阳性(即试验结果异常);

T-代表试验结果阴性或正常。

一个诊断试验有两种特性。一种是灵敏度,它能正确指出有病的个体;一种是

特异性,它能正确指出无病的个体。可用概率(Probability)来说明这些特性。灵敏度是有病的病人检查结果为阳性的概率 $[P=T+/D+]$ 。特异性是无病的人检查结果为阴性的概率 $(P=T-/D-)$ 。这两种概率是过筛试验的特性。但对临床医师来说,有兴趣的是试验结果的预报价值。他们要求知道如试验结果是阳性,能说明病人有病;如试验结果阴性,能说明病人无病。

试验结果阳性的预报价值为

$$P=D+/T+$$

试验结果阴性的预报价值为

$$P = D - / T -$$

下面用 2×2 表来说明疾病的情况

	(D+)	(D-)	
试验结果 T+	a	b	a+b
试验结果 T-	c	d	c+d
	a+c	b+d	a+b+c+d

a 为有病者试验结果阳性的例数;

b 为无病者试验结果阳性的例数;

c 为有病者试验结果阴性的例数;

d 为无病者试验结果阴性的例数。

可知 $a+b$ 试验结果均为阳性,

$c+d$ 试验结果均为阴性,

$a+c$ 均为有病的病人,

$b+d$ 均为无病的人。

灵敏度为 $\frac{a}{a+c}$, 它是试验结果阳性有病者的概率。

特异性为 $\frac{d}{b+d}$, 它是试验结果阴性无病者的概率。

可用 FNF(false negative fraction) 代表假阴性分数, 在 C 格中的病人为假阴性, 即他们有病, 但试验结果阴性。假阴性分数是有病病人但试验结果为阴性者的

比例, 用下式表示: $FNF = \frac{c}{a+c}$

可用 FPF(false positive fraction) 代表假阳性分数, 它是无病者但试验结果为阳性者的比例, 用下式表示:

$$FPF = \frac{b}{b+d}$$

试验结果阳性的预报价值如下:

$$PV(T+) = \frac{a}{a+b}$$

它表示试验结果阳性的所有人中, 真正有病者的比例。

试验结果阴性的预报价值如下:

$$PV(T-) = \frac{d}{c+d}$$

它表示试验结果阴性的所有人中, 真正无病者的比例。

下面需再介绍两个名称: 检查前疾病的概率, 它为疾病的患病情况, 即有病者的数量除以所有人, 可如下式表示:

$$\text{检查前疾病的概率} = \frac{a+c}{a+b+c+d}$$

当一个人走进你的办公室, 如你未做诊断性检查, 不知道这个人的任何情况, 关于他有病的概率是什么, 你最好的猜测是病的患病情况。然后为他作检查, 得到另一个关于有病的概率, 作为检查后疾病的概率, 如检查结果是正常的, 现在怎样猜

想这人有病? 那就是 $\frac{c}{c+d}$ 。应用这些定义, 现在我们能看出哪些试验是最好的试验。

现以 ^{201}TI 作心肌显象检查为例, 对它在检查冠状动脉疾病的临床价值方面作一分析。此研究工作是由 Glenn W. Hamilton 和他的朋友们作的, 并已发表在由 Dr. Blaufox 主编的《Seminars in Nuclear Medicine》上。

有 137 例病人曾作以下检查:

ECG (休息和运动时): ^{201}TI 心肌显象 (休息和大量运动后) 和冠状动脉造影。有冠状动脉疾病是经冠状动脉造影证实。如有一处或多处狭窄超过原来血管直径 50% 以上者考虑有病, 如无狭窄存在或所有狭窄在 50% 以下者, 则考虑无冠状动脉疾病。如休息时 ECG 的 Q 波在 0.04 秒或大于 0.04 秒考虑为异常。如在运动时或运动后, 立即查 ECG 的 S-T 段或下降斜率, 压低 1 毫米或以上者为异常。休息时 ^{201}TI 心肌显象, 如见有散在性放射性减低, 考虑为异常。如在脚踏车大量运动后, 出现了

在休息时检查并不存在的放射性减低区为异常。

现将137例应用休息和运动时的ECG测定冠心病的价值，用下表进行分析。

		(D+)	(D-)	
ECG 休息-运动	+	71	5	76
	-	36	25	61
		107	30	137

$$\text{灵敏度: } \frac{71}{107} = 0.66 \quad \text{特异性: } \frac{25}{30} = 0.83$$

$$PV(T+): \frac{71}{76} = 0.93$$

$$PV(T-): \frac{25}{61} = 0.41$$

$$\text{疾病患病情况: } \frac{107}{137} = 0.78$$

试验后结果正常但有疾病的概率:

$$\frac{36}{61} = 0.59$$

在这组人群中疾病盛行情况为0.78。换言之，如果在这组人群中有一病人走进你的办公室，他究竟有无冠状动脉疾病，你最好的推测将是0.78。即他约有80%的可能患冠心病。你可以知道休息—运动的ECG对你知道的这组人群疾病的患病情况的预见性究竟能提高多少。首先我们注意到休息—运动的ECG的灵敏度为71/107=0.66，即此试验能66%正确地指出病人有病，此试验的特异性为25/30=0.83，它说明此试验对确实无病者能83%正确地指出无病。现在我们要知道试验结果阳性的预报价值是什么，所有阳性结果的76人中确实有冠心病的71人或93%试验为阳性。阴性试验的预报值为0.41。试验结果为阴性的人他们中的41%无病，检查后结果正常而实际有病的概率是36/61=0.59。这结果对临床医师的实际意义是，如一个人休息—运动试验阳性，医师可推测病人真的有病的概率为0.93，但如

试验结果正常，医师仍可说他有0.59的概率有病。问题在于休息—运动的ECG在正常和异常人之间是否足以区分。这里有意义的是即使试验结果正常，有病的概率是0.59和试验结果异常有病的概率是0.93，它们的差别是0.93-0.59=0.34。

现在我们讨论²⁰¹Tl心肌显象(休息—运动)加ECG检查的结果的预报性，并用冠状动脉造影来确定冠状动脉疾病。这时疾病患病情况仍为0.78，²⁰¹Tl和ECG检查相结合的灵敏度为0.90，特异性为0.80。可见下表：

		冠状动脉造影确定		
		(D+)	(D-)	
²⁰¹ Tl(休息-运动)与ECG检查	+	96	6	102
	-	11	24	35
		107	30	137

$$\text{灵敏度: } \frac{96}{107} = 0.90$$

$$\text{特异性: } \frac{24}{30} = 0.80$$

$$PV(T+): \frac{96}{102} = 0.94$$

$$PV(T-): \frac{24}{35} = 0.69$$

$$\text{疾病患病情况: } \frac{107}{137} = 0.78$$

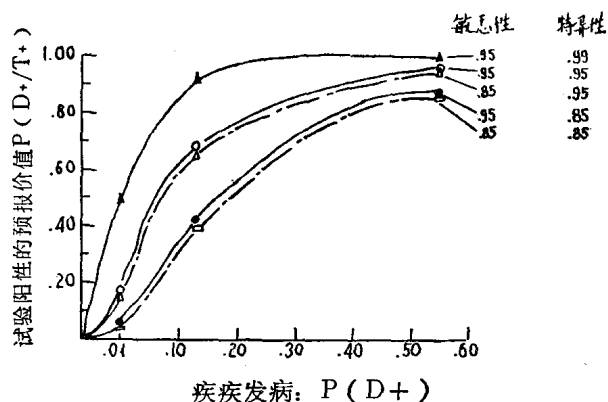
有病但试验结果正常的概率:

$$\frac{11}{35} = 0.31$$

现在如一个病人进入一个医师的办公室，这医师在为他做任何检查以前，医师将推测他有冠心病的概率为0.78。在医师为他做了²⁰¹Tl心肌显象(休息—运动)和ECG检查以后，得到的检查结果是阳性，此时他可以说病人有病的概率是0.94，但如得到的检查结果正常，他可以说病人有病的概率是0.31，此即有1/3的病

入检查结果正常,但仍然有病。尽管在检查结果阳性的有病和无病的人之间可以区分,然而,它能较休息—运动ECG更好地来区分有病和无病,因为在0.94和0.31间之差是0.63,此即区分有病的概率。一个正常的试验结果对一个异常的试验结果是0.63,相反在单用ECG时只有0.34。

一个试验有良好的预报价值是根据疾病的患病情况而定,如疾病患病情况高,则预报价值也高,但一个好的试验,即使疾病患病情况低,也应有一个高的预报价值。现在讨论疾病的患病情况、试验的灵敏度、特异性和预报价值的关系,可见下图。



例如一个试验,它的灵敏度是0.95,特异性为0.99,意思是说此试验将正确指出有病的人95%有病,无病的人99%无病。如一病的疾病患病情况为10%,即人群中的10%有此病。现在着重看试验结果阳性的预报价值,它大约是0.90,意思是说试验结果阳性的人90%有该病。还可见到试验结果阳性的预报价值,因为试验的灵敏度为0.95,特异性为0.95而下降至0.70左右,还可见到它因试验的灵敏度为0.95,特异性为0.85而进一步下降至0.40左右。

换句话说,有阳性试验的人只有40%真的有病。另外,可见到疾病的患病情况低时,阳性试验的预报价值迅速下降。还可见到灵敏度差别很大时,使得阳性试验的预报价值差异很小;而特异性差别很小时使得阳性试验的预报价值差异很大。这意思是说过筛试验的特性由特异性来决定阳性试验的预报价值更为重要。

以下总结心肌显象的检查所见,见下表:

客观指标	靶组内冠心病 的患病情况	试验	试验后疾病的概率	
			结果异常	结果正常
冠状动脉造影前过筛	80%	ECG(休-运)	0.94	0.63
		ECG(休-运) + ^{201}TI (休-运)	0.95	0.33
临床冠心病可疑病人过筛	30%	ECG(休-运)	0.63	0.15
		ECG(休-运) + ^{201}TI (休-运)	0.66	0.05
无症状冠心病的探测	1%	ECG(休-运)	0.04	接近 0
		ECG(休-运) + ^{201}TI (休-运)	0.04	接近 0
		^{201}TI -运	0.18	接近 0
		灵敏度	特异性	
ECG(休-运)		0.66	0.83	
ECG(休-运) + ^{201}TI (休-运)		0.90	0.80	
^{201}TI		0.66	0.97	

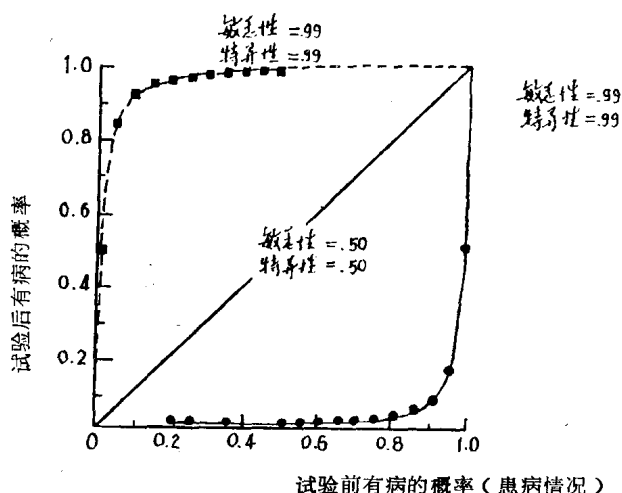
当客观指标是冠状动脉造影前的过筛时,在靶组中冠状动脉疾病的患病情况约为

80%左右,亦即送去作动脉造影了解有无冠心病的人中约有80%的人是患有冠心病的。此时,休息—运动心电图有以下特点:如你得到的试验结果异常,试验后疾病的概率为0.94,即阳性试验的预报价值;相反,如得到的结果正常,试验后疾病的概率为0.63。这就是说这组人群中的63%休息—运动ECG结果正常,仍有冠状动脉疾病。因此,它肯定对这组人群不能看作为一个好的诊断试验。另一方面,ECG和 ^{201}TI 检查结果异常试验后疾病的概率为0.95,而结果正常时为0.33。此即说试验正常中33%的人仍将有冠状动脉疾病。作者总结这组病人有这样高的疾病患病情况,像 ^{201}TI 这样的检查,是不实用的,因为即使检查结果正常,仍有1/3的人有病。因而不推荐 ^{201}TI 检查这1/3病人。

现在考虑临床上有冠心病可疑病人过筛检查的结果。他们可能有某些症状,或可能有某些危险因素提示有冠状动脉疾病存在的可能。在这组病人中,冠状动脉疾病的患病情况约为30%,此时,ECG检查结果阳性的预报价值为0.63,有病而检查结果正常的概率为0.15,所以他们在两组

之间略有区别。但它仍不是一个完整的区分。此时,如我们再增加一个 ^{201}TI 检查,如结果异常,试验后疾病的概率为0.66,试验前的概率为0.05,这样我们得到一相当好的区分。换句话说,如我们有一检查结果正常的人,可以相当肯定此人无病;如此人检查结果异常,他有病的概率是0.66,此时, ^{201}TI 有检查指征。第三组为无症状的冠心病病人,我们要知道怎样为他们作过筛检查,这一组,冠心病的患病情况约为1%,而ECG检查阳性的预报价值为0.04,它实际上是无用的。如一人的检查结果正常,我们实际肯定他没有冠心病,若加做 ^{201}TI 检查,问题可能又提出来了。如单独在运动情况下作 ^{201}TI 检查,试验后疾病的概率为0.18,如检查结果正常,疾病的概率接近于零,我们得到两组间的某些区别。该作者总结 ^{201}TI 显象对临床上可疑的冠状动脉疾病可能最为有用。

如一个试验的灵敏度为0.99,特异性为0.99,在最高的疾病患病水平上,检查结果阳性,有病的概率非常高;而在一般的疾病患病水平,检查结果正常或阴性,有病的概率是很低的,那么这是一个很好的检查试验。下图中间的对角线代表灵敏度和特异性各为0.50,这种试验是完全无用的,因为在患病情况为0.4时,检查结果如为阳性与未做任何检查疾病的概率约为0.4,故这一试验完全无用。如一个试验的灵敏度和特异性约为0.99,其价值是优良的。灵敏度和特异性的数值不同,代表试验的不同价值,这是我们评价诊断试验步骤效能的方法。



放射性药物进展

L.R.Cherve

(美国爱因斯坦医学院放射学襄教授、核医学中心实验室主任)

一、心血管疾病方面的放射性药物

核心脏学方面常用的放射性药物就其用途分为两部分：一是用于心脏血液动力学，其中包括动态心脏功能测定，心脏血

池显象及血容量测定的放射性药物；二是用于心肌显象，包括心肌灌注和心肌功能的放射性药物。

有关这方面的常用药物如表一所示：

表一 核心脏学用放射性药品

心脏血液动力学		心肌灌注和心肌功能		
动态	静态	损伤性	非损伤性	
心脏功能	血池显象 血容量	冠状动脉血流	冷区显象	亲梗塞显象
^{99m} 锝-高锝酸盐 ^{99m} 锝-人血清白蛋白 ^{99m} 锝-红细胞 ¹³³ 氙 ^{81m} 氙 ¹¹ 碳- ¹⁵ 氧-CO ₂ CO ^{113m} 铟-氯化物 ^{113m} 铟-二乙三胺五醋酸	^{99m} 锝-人血清白蛋白 ^{99m} 锝-红细胞 ¹³¹ 碘-人血清白蛋白	⁸⁵ 氪 ¹³³ 氙 ^{99m} 锝-大颗粒白蛋白	⁴³ 钾 ²⁰¹ 铊 ¹³ 氮-NH ₃ ¹³ 氮-氨基酸 ¹¹ 碳-软脂肪酸盐 ¹²³ 碘-脂肪酸	^{99m} 锝-焦磷酸盐 ^{99m} 锝-葡萄糖酸钙 ^{99m} 锝-四环素 ²⁰³ 汞-汞盐 碘化抗体 ⁶⁷ 镓-柠檬酸 ¹¹¹ 铟-白细胞

上表中，^{81m}氙，¹²⁷氙作为心脏功能测定的放射性药物还未普遍使用，¹¹碳，¹³氮、¹⁵氧标记的放射性药物虽无损伤性，但因其半衰期太短且需加速器生产而使用用途受限制。¹²³碘因其半衰期合适($T_{1/2}=12$ 小时)，标记脂肪酸后即可用，因此它在研究心肌梗塞疾病方面有一定前途。在亲梗塞的放射性药物中，碘化抗体、

¹¹¹铟-白细胞等均为正在研究中的放射性药物。¹¹¹铟-白细胞由于标记方法麻烦，美国尚未开展临床应用，目前处于动物模型实验阶段。几种核心脏学用放射性

药物使用情况如表二。

二、用于肺显像的放射性药物

美国用于肺显像的放射性药物品种，给药剂量，显像时间和辐照剂量等情况均列于表三中。

三、用于肝胆显像的放射性药物

肝胆道显像用的放射性药物中，有常用的，也有新发展的，如表四所示：

^{99m}锝—硫化锝胶体，^{99m}锝—植酸盐和¹³¹碘—玫瑰红均为使用已久的放射性药物，而^{99m}锝—HIDA为一类新发展的肝胆道显像用的放射性药物。因为肝胆显像

表二 核心脏学用放射性药物

放射性药物	给药剂量 (毫居里)	注射后最佳 显像时间	辐照剂量(拉德)		注
			全身	主要脏器	
^{131}I -人血清白蛋白	0.2—0.3	10分—2小时	0.2—0.4	3—5	由于辐射剂量大, 大都已不用。 由发生器得到 $^{113}\text{m}\text{In}$ 直接注射于病人不用任 何处理。 仅用于首次通过研究。
$^{113}\text{m}\text{In}$ -转铁蛋白	5—15	5—30分	0.01—0.02	0.2—0.6(血)	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -高锝酸盐	15—20	立即	0.2—0.3	3—4(结肠)	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -人血清白蛋白	15—20	立即	0.15—0.2	0.2—0.3(血)	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -红细胞	15—20	立即直到4小时	0.3—0.4	0.8—1.3(脾)	体内标记法最为有用。
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -焦磷酸盐	15	2小时	0.15	0.68(骨)	广泛用于梗塞显像
^{201}Tl	1.5	10分	0.36	2.2	心肌灌注

表三 肺显像用放射性药物

放射性药物	给药剂量 (毫居里)	注射后最佳 显像时间	辐照剂量(拉德)		注
			全身	主要脏器	
^{131}I -大颗粒白蛋白	0.3	立即	0.12	1—3(肺)	基本不用,已被 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -颗粒取代 颗粒易碎且范围大10—100 μ ,吸收及 清除特性变化大。 颗粒均匀不易碎,
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -大颗粒白蛋白	1—3	立即	0.01	0.4—1(肺)	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -蛋白微球	1—3	立即	0.01	0.4—1(肺)	
^{133}Xe	10—15	吸气期间	0.002—0.003	0.1—0.15(肺)	换气研究
^{127}Xe	10—15	吸气期间	0.002—0.003	0.03—0.04(肺)	显像比 ^{133}Xe 好
$^{81\text{m}}\text{Kr}$	10—15	吸气期间	0.002—0.003	0.05—0.06	短半衰期核素由发生器得到,尚无商 品供应。

表四 肝胆显像用放射性药物

放射性药物	给药剂量 (毫居里)	给药后最佳 显像时间	辐照剂量(拉德)		注
			全身	主要脏器	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -硫胶体	3	15分—1小时	0.06	1(肝)	肝脏形态,指示网织内皮系统 配制简单
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -植酸盐	3	15分—1小时(?)	0.06	1(肝)	
^{131}I -玫瑰红	0.15—0.3	30分、1、4、24 48、72小时连续 显象	0.2—0.4	0.2—1.4(肝)	广泛用于多角细胞和胆道排 泄的功能研究
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HIDA	10	10分—4小时 不同间隔连续 显象,通常用 10分—1小时	0.2	0.8(肝) 3.7(胆囊) 4.6(感染时)	最适于肝胆道功能研究

与血液中胆红素水平有关,若血中胆红素水平高,将影响显像。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HIDA类药物由于分子本身的极性,可与血清蛋白较牢固地结合,排出时与胆红素一样而使

肝胆道显像,因此它们不受血液中胆红素的影响,是一类很好的肝胆道显像剂,其衍生物结构式如下所列:

	$\text{H}-\text{N} \begin{cases} \text{CH}_2\text{COOH} \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{cases}$	
I、乙酰胺基 (acetamide)	$\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	肝 脏 少 ， 肾 排 出
羟乙基 (hydroxyethyl)	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-羟乙酰苯酚 (P-hydroxyacetophenol)	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-甲基乙酰苯酚 (P-methylacetophenol)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
II、取代乙酰替苯胺		
2,6-二甲基乙酰苯胺 (2,6-dimethyl)	$\text{CH}_3 \text{ } \overset{\text{O}}{\parallel} \text{ } \text{CH}_3$ $\text{C}_6\text{H}_3-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	肝 定 位 ， 肾 脏 少
2,6-二乙基乙酰苯胺 (2,6-diethyl)	$\text{CH}_2\text{CH}_3 \text{ } \overset{\text{O}}{\parallel} \text{ } \text{CH}_2\text{CH}_3$ $\text{C}_6\text{H}_3-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
2,6-二异丙基乙酰苯胺 (2,6-diisopropyl)	$\text{CH}_3 \text{ } \text{CH}_3 \text{ } \overset{\text{O}}{\parallel} \text{ } \text{CH}_3 \text{ } \text{CH}_3$ $\text{C}_6\text{H}_3-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
2,4,6-三甲基乙酰苯胺 (2,4,6-trimethyl)	$\text{CH}_3 \text{ } \text{CH}_3 \text{ } \overset{\text{O}}{\parallel} \text{ } \text{CH}_3$ $\text{C}_6\text{H}_2-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-乙基乙酰苯胺 (P-ethyl)	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-异丙基乙酰苯胺 (P-isopropyl)	$\text{CH}_3 \text{ } \text{CH}_3 \text{ } \text{CH}$ $\text{CH}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-丁基乙酰苯胺 (P-butyl)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-乙氧基乙酰苯胺 (P-ethoxy)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
对-丁氧基乙酰苯胺 (P-butoxy)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
邻-丁氧基乙酰苯胺 (O-butoxy)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	
III、乙酰苯胺 (acetobenzylamine)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{N} \langle$	肾 肝 排 泄

四、肾脏显像用的放射性药物

美国用于肾脏显像的放射性药物列于表五。

表五 肾脏显像用的放射性药物

放 射 性 药 物	给药剂量 (毫居里)	给药后最佳 显像时间	辐照剂量(拉德)		注
			全身	主要脏器	
^{99m}Tc -高锝酸盐	15	立即			肾灌注研究, 肾动力学研究
^{99m}Tc -铁抗坏血酸	10	3 小时	0.01—1	0.5—1(肾)	结构不清的药物, 良好的肾皮质显像剂
^{99m}Tc -葡萄糖酸钙	10	2—3 小时	0.1	2.5(肾)	良好的肾皮质显像剂
^{99m}Tc -二巯丁二酸盐 (DMSA)	1—5	2—3 小时	0.01—0.07	1.4—7(肾)	良好的肾皮质显像剂 求肾小管分泌量
^{131}I -邻碘马尿酸盐	0.2—0.4	立即继续到45分	0.006—0.012	0.2—0.4(肾)	测定有效肾血浆流量
^{99m}Tc -二乙三胺五醋酸	10	立即继续到30分	0.15—0.2	0.5(肾)	除肾显像外, 还可作肾 小球滤过功能研究

五、内分泌系统(内分泌脏器)显像用的放射性药物

此类放射性药物列于表六中。

表六 内分泌脏器显像用的放射性药物

放射性药物	给药剂量 (毫居里)	给药后最佳 显像时间	辐照剂量(拉德)		注
			全身	主要脏器	
^{131}I -碘化钠	0.05	6,24小时	0.001—0.2	65—90(甲)	甲状腺显像
^{123}I -碘化钠	0.05—0.1	6,24小时	0.003	1—2(甲)	甲状腺显像
^{99m}Tc -高锝酸盐	1—2	30分—2 小时	0.015—0.03	0.15—0.3(甲)	甲状腺显像
^{75}Se -蛋氨酸	0.25	10分—1 小时	0.9—2.5	3.5(胰) 7(肝) 1.3—2.6(生殖腺)	胰脏显像
^{131}I -碘化胆固醇 (NP—59)	0.5—2	2—3 天	1.2	27.5(肾上腺) 2.3—8(生殖腺) 2.4(肝)	肾上腺显像

使用 ^{131}I 或 ^{125}I 使甲状腺显像这是最经典的方法, 口服一定剂量的放射性碘, 就能得到满意的甲状腺显像图。 ^{131}I -碘化胆固醇(NP—59)用来使肾上腺显像效果较好。

此外, 美国核医学界认为用放射性同位素标记酶使内分泌器官显像是很有前途的。

六、肿瘤、脓肿和血栓定位用的放射性药物

有关这方面的常用放射性药物也有多

种, 现列于表七中:

^{111}In 标记的白细胞和血小板为美国核医学中新发展的放射性药物。它们均需在外标记, 然后再注射到体内。这种药物用来探测肿瘤、脓肿(溃疡)和血栓特异性较强, 但灵敏度不太高。为得到更好的图像, 美国核医学界目前正在研究改进。

七、放射核素发生器

放射核素发生器是一种将较长寿命母体的放射核素吸附在一固体吸附柱上而较短寿命的子体核素可以被洗脱下来的装

表七 用于肿瘤、脓肿和血栓定位的放射性药物

放射性药物	给药剂量 (毫居里)	给药后最佳 显像时间	辐照剂量(拉德)		注
			全身	主要脏器	
^{67}Ga -柠檬酸盐	3—5	6、24、48、72 小时	0.8—1.3	3.7—4.5(结肠)	多用于肿瘤和脓肿的定位。
^{111}In -氯化物	2	24—72小时	1.0	4.8(骨髓) 9(肝) 1(生殖腺)	
^{111}In -白细胞	0.5	6小时	0.1	15(脾) 1.2(肝)	正在研究中的为探测脓肿的药物
^{111}In -血小板	0.5	24小时	0.1	15(脾) 1.2(肝)	正在研究中的探测血栓的药物
^{125}I -纤维蛋白元	0.1	4、24小时	0.02	0.13(胃壁) 0.03(生殖腺) 0.02(甲状腺 封闭后)	用体外分点计数来探测深部 静脉血栓。
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -大颗粒蛋白 或微球	4—7	15—20分	0.04—0.07	1.6—2.8(肺)	

置。由于洗脱下来的子体核素可标记多种化合物成为各种脏器的显像剂，因而放射发生器深为临床医院欢迎、且近年来各国发展速度颇快，美国常用和可能使用的放射核素发生器品种列于下表中。

表八 核医学中常用或可能用的发生器系统

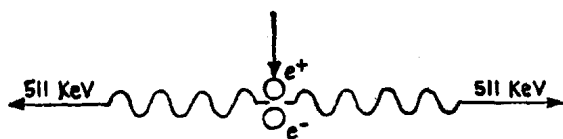
发生器	母体半 衰期	子体半 衰期	显像光子	
			能量 Kev	丰度 %
^{68}Zr — ^{68}Ga	275天	68分	511	176
^{52}Fe — $^{52\text{m}}\text{Mn}$	8.2小时	22分	511	194
^{81}Rb — $^{81\text{m}}\text{Kr}$	4.7小时	13秒	190	65
^{82}Sr — ^{82}Y	25天	1.3分	511	192
^{87}Rb — $^{87\text{m}}\text{Sr}$	3.3天	2.8小时	388	80
^{99}Zr — $^{99\text{m}}\text{Tc}$	65小时	6小时	140	90
^{113}Sn — $^{113\text{m}}\text{In}$	115天	1.7小时	393	64
^{137}Ba — $^{137\text{m}}\text{La}$	30年	2.6分	662	89
^{191}Ir — $^{191\text{m}}\text{Au}$	15天	4.9秒	129	25

表中所列 ^{68}Zr — ^{68}Ga 发生器的母体核素半衰期达275天，虽较理想但由于子体核素 ^{68}Ga 为正电子发射，须备有正电子照相机单位才能使用。 ^{52}Fe — $^{52\text{m}}\text{Mn}$ 发生器和 ^{82}Sr — ^{82}Y 发生器的子体核素半衰期均较短，但因皆属正电子发射之类，因此在使用上受到一定限制。 ^{99}Zr — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器

因其子体核素半衰期短且 γ 光子能量适中，至今仍为美国核医学领域中应用最广泛、生产量最大的放射核素发生器； ^{113}Sn — $^{113\text{m}}\text{In}$ 发生器的母体半衰期较长，达115天，对远离同位素生产基地的边远地区，它是很合适的发生器。 ^{191}Ir — $^{191\text{m}}\text{Au}$ 发生器的子体核素半衰期仅4.9秒，这对儿童是很合适的。

八、标记化合物

目前，美国多采用短寿命的正电子发射的放射核素如 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等来标记各种化合物。这类核素发射出来的正电子碰到负电子时发生湮没作用产生对电子，形成方向相反，能量均为511Kev的 γ 光子(如图)。所以正如上面所述，必须具有符合电路吸收装置的正电子照相机才能进行探测。



标记的方法有：有机合成，生物合成或酶法，非合成法(辐射化学反应包括：反冲标记，激化标记，催化离子标记)。