



图1 移植肾功能正常的病人校正了衰变和蛋白结合的24小时手臂计数曲线。

排斥发作，其中4次是不可逆的，结果引起死亡或肾摘除。有一个病人出现输尿管吻合处破裂，随之肾小管功能突然中止。可随治疗而恢复的8次排斥发作，其肾小球功能的恶化系在几小时的时期内出现。

当将表现排斥发作病人的 $^{99m}\text{TcDTPA}$ 清除率与每天血浆肌酐水平比较时，很明显， $^{99m}\text{TcDTPA}$ 清除率与24小时以后，而不是同一天所获得的血浆肌酐水平之间，有比较密切的相关（相关系数，同一天， $r=0.69$ ；24小时后， $r=0.83$ ）。此外，示踪剂清除率的变化与24小时后血浆肌酐水平有较好相关，且与肾功能的恶化相平行，事实如下：同一天的血浆肌酐水平明显地较24小时后和48小时后所发现的为低（其P值分别 $<0.005$ 和 $<0.001$ ）。

大多数肾移植中心采用几种肾功能试验来监测移植肾的病情变化，但其中没有一种能提供肾功能的连续测定。计算机处理的闪烁照相时间-放射性曲线在进行资料收集的时间内（通常约1000秒）能对肾的形态和功能给予定性和量的估计，但这种类型的肾图不能相当频繁地进行（通常仅每天一次），因而，肾功能的突然变化易被漏诊。

血浆肌酐水平一般每天测定，因此，上述的批评亦适合于它们；况且，正如这里所说，要反应肾功能的变化至少要化24小时。另一方面，利用 $^{99m}\text{TcDTPA}$ 连续体外计数提供了一种肾清除率的连续监测器，并能指出任何突然的变化，例如输尿管吻合处破裂。根据所研究的病例，甚至发生于数小时内的比较缓慢发展的排斥发作亦是明显的，从而可能对制定治疗方案（肝素、类固醇冲击治疗等），争取到宝贵的时间。

利用 $^{99m}\text{TcDTPA}$ 的另一个优点是在注射之后的最初1000秒可以提供每天的计算机辅助发射肾图，这种肾图在体外计数开始前，能够定性地估计肾脏形态和进行各种肾功能的定量测定（例如重叠法等）。

利用体外计数系统比较经济——例如标准三探头肾图系统中的一个单探头可以拆下来在床旁进行连续手臂计数。不需要额外的人员和训练，因为在移植病房作常规工作的技术员有足够的进行这种相当简单的记录连续计数和本底的工作。显然，这种方法的最大优点是可以在移植后立即应用，并可延续到病人出院或证实为不可逆的排斥为止。

我们认为，本文所报告的方法提供了一种利用小型仪器、对病人很少不适的、相当简单和安全的监测肾功能的手段。

（管昌田译 卢侧章校）

## 冠状动脉内注射 $^{133}\text{氙}$ 测定局部心肌血流量——和 $^{201}\text{铊}$ 心肌闪烁图的比较

米仓 義晴等；核医学 18(3)：293~300, 1981（日文）

### 一、前 言

$^{201}\text{铊}$  ( $^{201}\text{Tl}$ ) 心肌闪烁图的出现，使无创伤性反映心肌血流分布的心肌显象成为可能，在心肌缺血部位描绘出 $^{201}\text{Tl}$ 摄取减少的“冷区”图象，作为诊断冠状动脉疾病的方法，目前正广泛地应用于临床。

但是，这种闪烁图象只显示心肌血流的相对分布，即使作为摄取量的定量评价，也只能以总投与量等一些基础值的百分数来表示，不能直接作为心肌血流量的指标。而且，这个测得值，如缺血伴有心肌肥厚时，由于缺血使摄取量减低和心肌肥厚使摄取量增加相抵

消,不能确切地定量评价缺血的程度。

所谓缺血是指对需要的供给不足,换句话说,以单位重量组织中的血流量(即比血流量, Specific flow, SF)来表示是恰当的。通常SF是依据惰性气体等可弥散性示踪剂从组织中清除(即洗出)过程而得到的。测定心肌血流时,用冠状动脉内直接注射 $^{133}\text{Xe}$ ( $^{133}\text{Xe}$ )气体的创伤性方法,作者采用这个方法,以每单位心肌重量的血流量来评价心肌血流状态。

作者就 $^{133}\text{Xe}$ 从心肌清除过程进行连续的显象,算出心肌各局部的SF,作成此值的函数显象(Functional Image),关于本法临床意义以及和历来的 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图所见对比的评价,报告如下。

## 二、对象和方法

1. 对象:以滋贺县成人病中心做过冠状动脉造影的30例为对象。冠状动脉造影发现没有50%以上有意义的狭窄而诊断为正常或轻度冠状动脉病变的5例(44~58岁,平均51.2岁)为正常组(I组);冠状动脉近端发现有50%以上狭窄的10例(37~69岁,平均56.6岁)为冠状动脉疾患组(II组);没有冠状动脉狭窄而诊断为肥厚型心肌病和充血型心肌病的15例(34~70岁,平均48.5岁)为心肌病组(III组)。

2. 资料的收集:在放射性核素管理区内设置的心血管造影室,于冠状动脉造影后即刻,用多晶体 $\gamma$ 照相机,参照预先在X线电视透视下确定的心影轮廓,于左前斜位(LAO)30度摆好探头。借助于Sones冠状动脉造影使用的导管,以弹丸方式向左或右冠状动脉注入 $^{133}\text{Xe}$ 生理盐水溶液5~10毫居里,之后立即从冠状动脉中拔出导管,留置在升主动脉内。

在 $^{133}\text{Xe}$ 投与后80秒钟内,以每秒1帧的速度收录连续影像,进行均匀性和数字的校正之后,借助于磁带将资料输送到小型电子计算机进行分析。

此外,呼出的气体用“氙-收集器”装置(Xenon trap)全部回收。

### 3. $^{133}\text{Xe}$ 清除曲线的分析

多晶体的 $\gamma$ 照相机有 $14 \times 21$ 配列的294块NaI晶体构成,从每个晶体相对应的局部单元( $11 \times 11\text{mm}$ )分别得到各自的时间-放射性曲线,再从这个时间系列资料,用初期斜度法算出局部心肌血流量。即投与冠状动脉内的 $^{133}\text{Xe}$ 等惰性气体,立刻扩散到心肌组织内,之后,依赖于局部心肌血流量清除到血液中。假如在观察期间血流量是一定的,清除曲线应该近似于

指数关系,根据其比例常数(K)求出每单位重量的血流量。

$$Y = A \cdot e^{-Kt} \dots\dots\dots (1)$$

$$F = K \cdot \frac{\lambda}{P} \dots\dots\dots (2)$$

式中, $\lambda$ 是组织/血液的分配系数( $X_e$ 是0.72), $P$ 是心肌密度的常数(1.05)。

首先,加算冠状动脉投与 $^{133}\text{Xe}$ 后10秒内的显象,除去不足最大值的20%,作为所求的心肌范围。其次,关于每个局部单元,把清除开始后初期40秒内的数据,以半对数表示,用最小二乘法做成近似直线,求出其斜度(K),用(2)式算出局部血流量。把各个局部单元的局部血流量,作成所谓函数显象。关于心肌正体的计数,也做同样的计算,求出平均血流量。

4.  $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁显象:全部病例用 $^{201}\text{Tl}$ 做了心肌闪烁显象。在安静时,静脉注射 $^{201}\text{Tl}$ 2毫居里,10分钟后,用Anger型 $\gamma$ 照相机于右前斜位(RAO)30度,正位,LAO30度、45度和60度及左侧位等六个不同体位进行显象。部分病例,用多晶体 $\gamma$ 照相机在投与 $^{201}\text{Tl}$ 15分钟期间内,从LAO30度收集资料,5分钟后的心肌放射性减去肺部的本底,用以比较室间隔,心尖部、左室游离壁的放射性。

## 三、结果

本文1例正常人(例2) $^{133}\text{Xe}$ 局部心肌平均血流量,右冠状动脉是71.2毫升/分/100克,左冠状动脉稍高于右冠状动脉,是78.0毫升/分/100克。在左冠状动脉供应的区域,心肌血流分布大致均等,但在右冠状动脉分布区域,右房血流量较少,从右室到左室下壁的血流量较多。

表1列入了各组 $^{133}\text{Xe}$ 心肌血流量的结果与临床所见、 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图表现、冠状动脉病变部位的对比。把左冠状动脉区域的平均血流量作为左室平均血流量,I组(正常组)是60.1~79.2毫升/分/100克,平均 $70.4 \pm 8.1$ 毫升/分/100克,II组(冠状动脉疾患组)是30.9~92.3毫升/分/100克,平均 $67.3 \pm 21.0$ 毫升/分/100克,III组(心肌病组)是37.7~108.2毫升/分/100克,平均 $66.5 \pm 22.6$ 毫升/分/100克。I组与II组、III组比较,II组和III组的平均值均稍低于I组,但无显著差别。以心肌耗氧量为指标,即左室收缩压和心率乘积(左室收缩压 $\times$ 心率)和左室平均血流量比较,各组的两者之间显示有意义( $P < 0.01$ )的正相关( $r = 0.62$ )。即无论任何疾患,考虑左室平均血流量与左室工作量有关。

表1

局部心肌血流、心肌灌注显象和冠状动脉造影的比较

编号	年龄 性别	诊 断	CO	HR	LVSP	mMBF	RMBF减少	MPI缺损	冠脉病变
<b>I 组</b>									
1	58/女	DM	5.22	67	155	79.2	(-)	(-)	(-)
2	50/男	PN	5.77	75	134	78.0	(-)	(-)	(-)
3	46/男	CAD(轻度)	5.77	64	159	60.1	(-)	(-)	(-)
4	58/男	CAD(轻度)	4.82	60	123	69.2	(-)	(-)	(-)
5	44/男	CAD(轻度)	6.14	60	131	65.7	(-)	(-)	(-)
<b>II 组</b>									
6	57/男	CAD	5.98	65	128	80.7	室间隔,心尖部	(-)	LAD, LCX
7	53/男	OMI(前壁)	4.48	65	130	71.1	室间隔,心尖部	心尖部	LAD
8	69/男	OMI(前壁)	4.05	79	154	82.2	室间隔,	心尖部室间隔,前壁	LMT, RCA
9	54/男	OMI(下壁)	4.85	72	148	44.6	室间隔,心尖部	心尖部下壁	LMT
10	63/男	CAD	5.47	80	146	90.9	(-)	(-)	LAD, LCX, RCA
11	64/男	OMI(前壁)	5.34	56	109	63.7	室间隔	室间隔,前壁	LAD
12	59/男	OMI(侧壁)	6.76	81	182	92.3	(-)	(-)	LAD
13	59/男	CAD	4.68	50	119	30.9	(-)	(-)	LAD, LCX
14	51/男	OMI(前壁)	6.67	66	116	71.8	心尖部	心尖部	LAD
15	37/男	CAD	4.06	65	122	45.0	(-)	(-)	RCA
<b>III 组</b>									
16	59/女	CCM	3.09	48	110	51.6	(-)	(-)	(-)
17	43/女	HCM(心尖部)	5.88	74	177	62.4	室间隔	(-)	(-)
18	34/男	HCM	8.12	62	129	68.9	室间隔	(-)	(-)
19	45/女	CCM	4.28	111	147	75.8	室间隔	(-)	(-)
20	50/男	CCM	4.28	90	131	37.7	(-)	(-)	(-)
21	70/男	HCM(心尖部)	4.77	48	112	45.8	(-)	(-)	(-)
22	36/男	HCM	6.85	74	148	70.7	(-)	(-)	(-)
23	51/男	HCM	4.03	77	147	73.2	(-)	(-)	(-)
24	56/男	HCM(心尖部)	3.96	80	118	47.5	(-)	(-)	(-)
25	54/女	HOCM	5.38	98	170	108.2	(-)	(-)	(-)
26	59/女	HOCM		74	172	78.7	室间隔	(-)	(-)
27	46/女	HOCM	5.06	93	138	106.2	室间隔,心尖部	(-)	(-)
28	60/男	HCM(心尖部)	7.76	90	124	69.5	(-)	(-)	(-)
29	56/男	HCM(心尖部)	5.60	56	127	44.5	(-)	(-)	(-)
30	51/男	HCM	5.73	41	123	57.5	(-)	心尖部	(-)

注: CO = 心排血量(升/分); HR = 心率(次/分); LVSP = 左室收缩压(mmHg); mMBF = 平均左室心肌血流量(ml/min/100g); RMBF = 局部心肌血流; MPI =  $^{201}\text{Tl}$ 心肌灌注显象; DM = 皮肤炎; PN = 结节性动脉炎; CAD = 冠状动脉性心脏病; OMI = 陈旧性心肌梗塞; CCM = 充血型心肌病; H(O)CM = 肥厚型(梗阻型)心肌病; LAD = 左前降支冠状动脉; LCX = 左旋支冠状动脉; LMT = 左冠状动脉主干部; RCA = 右冠状动脉。\* 明显冠状动脉狭窄( $\geq 50\%$ )。

I 组的局部心肌血流, 全部病例整个左心室大体上显示均匀分布。该组的 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图没有缺损, 室间隔、心尖部和左室游离壁的 $^{201}\text{Tl}$ 摄取率没有差别。

II 组中, 既往无心肌梗塞的4例冠状动脉性心脏病3例的局部心肌血流和 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图均无异常, 1例(例6)的室间隔和心尖部有局部心肌血流低下。6例心肌梗塞病例, 除1例侧壁梗塞(例12)外, 局部

心肌血流和 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图均见异常,两者所见几乎一致。但是,例7和例9,在 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图上没有看到异常的室间隔部,用 $^{133}\text{Xe}$ 看到有局部血流低下,例8、例9和例11这3例则正相反,前壁或下壁有 $^{201}\text{Tl}$ 缺损,未表现局部血流低下。

有左冠状动脉前降支90%狭窄的1例前壁梗塞(例7),看到心尖部有 $^{201}\text{Tl}$ 缺损, $^{133}\text{Xe}$ 局部血流在心尖部和室间隔部有明显的血流低下。有左冠状动脉主干部99%和右冠状动脉70%狭窄的1例前壁梗塞(例8), $^{201}\text{Tl}$ 闪烁图看到前壁~心尖部的大片缺损。 $^{133}\text{Xe}$ 初期分布,左冠状动脉区域的血流只供给左室游离壁的一部份,从室间隔下部到心尖部受右冠状动脉血流供应。该例的冠状动脉造影显示右冠状动脉有丰富的侧枝循环。该例的局部心肌血流,只见到室间隔血流低下,受右冠状动脉供给血流的区域,显示血流量多。

如上所述,在I组和II组,局部心肌血流的分布和 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图所见大体一致,但是,如上述例7和例8, $^{133}\text{Xe}$ 局部心肌血流测定较 $^{201}\text{Tl}$ 闪烁图所见得到更多的资料,这就提示了本法的特异性。

就II组来说,充血型心肌病的 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图表现有心脏扩大和心肌壁变薄,肥厚型心肌病相反,描绘出心腔狭小的特征性图象,除1例外,其余未见缺损,而 $^{133}\text{Xe}$ 局部血流,15例中有5例于室间隔或心尖部显示血流低下。肥厚型心肌病的1例(例18),看到肥厚的室间隔有轻度血流减少。例17(肥厚型心肌病)的 $^{201}\text{Tl}$ 局部摄取率和 $^{133}\text{Xe}$ 局部心肌血流量比较,由于肥厚的心肌,在心尖部的 $^{201}\text{Tl}$ 摄取率增高, $^{133}\text{Xe}$ 的心尖部的局部血流比左室游离壁还低,两者的分布,显示有差异。

#### 四、讨 论

以放射性核素作示踪剂评价心肌血流的方法,可分为用 $^{43}\text{K}$ 、 $^{81}\text{Rb}$ 等钾的同族元素评价血流分布的方法和用 $^{133}\text{Xe}$ 等惰性气体研究清除过程即评价SF的方法。前者,用无创伤的静脉给药能描绘出心肌血流分布,近年来开发的 $^{201}\text{Tl}$ 和一系列钾的同族元素,有相似的体内代谢过程,是适用于 $\gamma$ 照相机的显象的核素,正被广泛应用。此法是在静脉给药后,示踪剂从左室向全身血流分布,从而分布到末梢的各个脏器,由于其迅速地由血中进入组织内,是利用其分布来显示血流分布的方法。实质上,与微球体等栓子测定血流是同样的原理。此法是心肌血流分布显象的优秀方法,但是,由于只显示相对的血流分布,所以得到的心肌显象,不仅受血流量的影响,还受心肌重量

的影响。鉴于这一点, $^{133}\text{Xe}$ 局部心肌血流量的测定,作为创伤性的冠状动脉内注射是必要的,把局部血流量作为每单位心肌重量的SF来评价,因此,考虑需要和供给的关系进行评价心肌血流。

多晶体 $\gamma$ 照相机的空间分辨率较Anger型 $\gamma$ 照相机差,但是,由于其具有高计数效率,是适于做动态记录的装置。注射 $^{133}\text{Xe}$  5~10毫居里,在整个心肌能获得10~20千计数/秒。就每个局部单元来说,也可得到200~500计数/秒的峰值,可获得统计噪音较少的时间系列资料。因为,当计算局部血流时,计数率高,则统计噪音少,决定采用以 $^{133}\text{Xe}$ 清除过程的初期部分为分析对象的初期斜度法。从心肌清除的 $^{133}\text{Xe}$ ,从右心系统经过肺动脉、肺毛细血管到肺泡内,以气体形式扩散,经呼吸道排出。因而,从心肌清除的 $^{133}\text{Xe}$ 不能经再循环再次进入心肌,但是, $^{133}\text{Xe}$ 投与后不久,在肺野观察到有相当数量的放射性,可能影响本底。因此,收集资料采取LAO30度,使照相机准直器的表面接近胸壁,以减少和肺野的重叠及减少散射线的影响。所以,收集资料需要限定在这个方向。而且取此方向还能将左冠状动脉前降支和左旋支供应的区域分开,在 $^{201}\text{Tl}$ 心肌显象上,这个方向也适于比较室间隔和左室游离壁的计数。

I组和II组的局部心肌血流分布与 $^{201}\text{Tl}$ 心肌闪烁图所见大体一致。这是当然的,问题是两者也可有不同,其理由:首先, $^{201}\text{Tl}$ 能检出而 $^{133}\text{Xe}$ 不能检出的情况, $^{201}\text{Tl}$ 显象可从多方向观察心肌,能避免某种程度的重合而检出缺血。 $^{133}\text{Xe}$ 的资料收集限制在一个方向上,得到的数据为重合区域的平均值,而且对下壁和后壁的资料,象80千电子伏特那样低能量的 $\gamma$ 射线,检出的可能性小,还由于用初期斜度法计算血流量,在其视野内存在重合的血流成分时,有失去低血流量资料的缺点。在例8、9和11中,前壁和下壁梗塞部位的低血流未能检出,考虑是这个原因。其次,用 $^{133}\text{Xe}$ 能检出而 $^{201}\text{Tl}$ 不能检出的原因有二,第一,对于微量的血流低下,用在深度方向上累积的资料而获得的通常的闪烁图,难以检出。第二, $^{201}\text{Tl}$ 注射后,立刻随着血流而分布,直接向全身扩散,而后开始再分布,心肌是每单位重量血流较丰富的器官,不能忽视再分布的影响,轻度缺血,由于再分布,可能早期消失。而用 $^{133}\text{Xe}$ 测定血流,再分布是清除过程本身观察的组成部分,而且,被清除的 $^{133}\text{Xe}$ 经肺排出体外,不再进入再循环,因而,不受再分布的影响。 $^{201}\text{Tl}$ 不能检出室间隔的血流低下,原因就在于此。

■组中的心脏病病人,5例有局部心肌血流异常,但肥厚型心肌病, $^{201}\text{Tl}$ 心肌摄取率增高,而 $^{133}\text{Xe}$ 局部血流量和非肥厚部位程度相同或稍低, $^{201}\text{Tl}$ 的摄取率增加是表面上的,而实际上是由于心肌重量的增加所致。Weiss等指出:肥厚型心肌病和充血型心肌病的左心室平均血流量低下。但是,本文作者的结果,有比I组稍低的倾向,但无意义。只有2例肥厚梗阻型心肌病显示显著的高值。无论那种心脏病的心肌血流,都还有许多不清楚之处,但本文的结果,在心肌肥厚部位存在何种程度的局部血流异常,尚有疑问,这样的异常,仅用此法不能检出。从定义上,所谓SF是代谢转换率(Turnover rate)的间接表现,因此,现在正在议论着,将用回旋加速器和正电子CT组合创建生物化学显象(Biochemical imaging)它象本法一样,在研究代谢上也是很重要的。

但是,这个研究有几个不恰当之处,即用初期斜

度法分析 $^{133}\text{Xe}$ 清除曲线,把计算血流量假定为单一指数关系,在重合的血流成分存在时,有失去低血流量资料的缺点。因此,有用 $^{201}\text{Tl}$ 能检出而 $^{133}\text{Xe}$ 不能检出的可能性,肥厚型心肌病的一部分矛盾的原因就在于此。另外,心肌血流量在心肌的内侧和外侧常常不同,这是众所周知的事实,尤其是在左室舒张末期压力上升的病例,推测心肌内侧的血流低下。也就是说,缺血的初期病变或许是从心肌内侧开始的,但是,单纯用 $^{201}\text{Tl}$ 的血流分布图象不能检出,可以说是缺血的隐匿区(Silent zone)。检出这种SF,采用Compartment法等方法,可能检出隐藏在清除曲线后半部中的缓慢部分,创建显示这样成分得到的函数显象,是今后的课题。

(冈长庚译 张永令校)

## 阻塞性肺疾患的核医学诊断法

古馆正从等:临床放射线 26(7):727,1981(日文)

慢性阻塞性肺疾患,是指在临床上具有阻塞性通气障碍特征的支气管哮喘、慢性肺气肿、慢性支气管炎等。对这些疾患作肺显像主要是定性、定量的掌握肺局部功能状态、判定药物疗效、决定外科适应症。在阻塞性肺疾患上主要的核医学检查法有肺灌注显像、肺超声雾化吸入显像, $^{133}\text{Xe}$ 及 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 肺局部功能检查等。

### 一、主要核医学检查法特点

#### 1. 肺灌注显像

适用于观察肺动脉末梢的血流分布状态。方法:静注 $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ 后,多位摄影,视其肺内分布状态,获得与肺动脉血流成比例的肺局部RI分布图像。阻塞性肺疾患,局部血流分布减少,病灶部位、形态的变化程度可用肉眼视出,也可进行定量化判断。

#### 2. 肺超声雾化吸入显像

适用于评价肺局部支气管肺泡的功能。方法:将 $^{99\text{m}}\text{Tc-血清白蛋白}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-植酸}$ 用超声波雾化成气雾剂,吸入后对支气管肺泡的放射性沉着状态摄像。有气道完全阻塞时,呈“冷区”,但有气道狭窄时,在该部位却呈“过剩沉着”。灵敏度高,可谓阻塞性肺疾患的早期检查法。

在应用此法检出阻塞性肺疾患时,其大多数与血流分布不一致,呈现局部气雾剂“过剩沉着”。此气雾剂“过剩沉着”,可区分为出现在肺门附近的大气管组(中心型),肺野末梢组(末梢型)及两者的混合组(混合型)三类。

#### 3. $^{133}\text{Xe}$ 肺局部功能检查

适用于对肺局部血流、通气、心容量、通气与血流关系及清除等方面的动态观察和定量评价。

在麻醉囊内掺入相等于肺活量的 $^{133}\text{Xe}$ 混合气体,使病人从残气量水平作最大吸气,在停止呼吸时摄像,获得通气分布;经肺活量计内平衡后,在最大吸气位停止呼吸并进行摄像,获得肺容量分布;平静呼吸后,动态地摄清除状态的图像,待RI在肺野内消失后,静注 $^{133}\text{Xe}$ 溶液,在最大吸气位停止呼吸并摄像(在观察闪烁照相示波器的同时,当静注的 $^{133}\text{Xe}$ 流入肺内前,对开始最大吸气位和停止呼吸时间短的病例,亦可得到较好的影像),获肺血流分布;其后,动态地摄 $^{133}\text{Xe}$ 的清除像,亦可同时查清肺通气与血流关系。若借助于电子计算机处理均可进行定量评价。缺点:因能量低(81KeV),获得深部信息少,因康普顿效应分辨率低。慢性阻塞性肺炎