

121~126, 1975.

25. George E A, et al, J Nucl Med 17, 175~180, 1976.

〔上海第一医学院附属华山医院同位素室 刘永昌综述 林祥通 沈家立审阅〕

## 放射性同位素测定肺分区功能

一般常用的肺功能检查法,如 $O_2$ 与 $CO_2$ 分压,肺活量等测定多为双肺全部机能的检查。它对肺局部病灶之机能改变反映的不够准确,在正常肺组织代偿较好时,亦可能掩盖了病患部位机能减退而呈假阴性结果。

X线造影与肺扫描可以从解分布角度上提示肺局部疾患,亦可以反映某片断时间的肺分区功能。 $\gamma$ 照相可以从某些时间片断对肺分区功能进行动态观察,但设备复杂,难于推广。

1961年以来,许多报导应用 $^{133}Xe$ 、 $^{13}N$ 、 $^{15}O$ 等气体测定肺残气量、肺血流量、以及反映换气功能的半清出时间等测定(1~6),可以达到对肺分区功能的连续观察,提供定量数据。以此类检查配合灌注与吸入肺扫描,它们对呼吸系统某些疾病的研究和临床应用上有一定价值。目前,我国已能供应 $^{133}Xe$ 及多探头功能测定装置。我室于75年1期《呼吸系统疾病》中发表的《放射性同位素在呼吸系统疾病方面的临床应用》(7)一文中对 $^{133}Xe$ 吸入扫描叙述较多。本文将对静脉注入 $^{133}Xe$ 作肺分区功能测定,尤其在半清出时间方面的近年资料作综合介绍,以供开展这项工作的参考。

### 放射性氙的一般性能

$^{133}Xe$ 几乎不溶于血,可渗入橡皮及塑料中,故一般贮在玻璃容器中。避光低温保

存(8)。 $^{133}Xe$ 可作成两种剂型备用(9,10): (1)以 $CO_2$ 稀释至大气压力,放皮囊等密闭装置内供吸入扫描与测定。(2) $^{133}Xe$ 溶于消毒生理盐水中,于闭严之玻璃注射器中充分摇匀后供静脉注射。

常用的放射性氙有 $^{133}Xe$ 及 $^{125}Xe$ 等(11)。(1) $^{133}Xe$ :由反应堆制备,其物理半衰期为5.27天, $\gamma$ 射线能量为81千电子伏,由于能量低,在 $\gamma$ 照相机上最小分辨距离为9.5毫米铅隔。测定时肺被照射量为5.0毫拉德/毫居里·分。(2) $^{125}Xe$ :物理半衰期为17.2小时, $\gamma$ 射线能量为188千电子伏与243千电子伏,适于扫描,最小分辨距离为6.4毫米铅隔,肺照射量为1.8毫拉德/毫居里·分。 $^{125}Xe$ 的许多性能均较 $^{133}Xe$ 优越,但由于系加速器生产,造价高,半衰期短,故使用的不如 $^{133}Xe$ 广泛。

### $^{133}Xe$ 清出曲线的测定方法(12)

一般先作X片或灌注肺扫描显示病变部位。以两个闪烁探头对准病变部位及健肺对照位,如病变在上(或下)肺野,也可以另二探头对准双侧下(或上)肺野。用玻璃注射器内含 $^{133}Xe$ 生理盐水溶液0.5~3毫居里/毫升刺入患者肘静脉中,嘱患者憋住呼吸,将示踪剂快速呈“丸弹”式注入,再嘱咐病人自由呼吸。在探头所联接的多个单道分析器及记录鼓上看可以连续绘出二或四条清出曲线。(图1)

按注后不同时间之计数率于半对数纸上(纵轴为计数率,横轴为秒)绘点联成清出直线,内推至注入时(纵轴)之计数率相当于注入后肺局部最大计数率,再折半,于清出直线上求算出半清出时间(图2),简称W1/2。

### $^{133}\text{Xe}$ 半清出时间含意与正常值

前田知穗曾以连续 $\gamma$ 照相显示:正常人肘静脉注入后, $^{133}\text{Xe}$ 沿锁骨下静脉,上腔静脉至右心,而后分布于肺野 $^{133}\text{Xe}$ 为难溶

于血之液体,其95%经毛细血管逸入肺泡,再经自然呼吸沿支气管——气管等气道排出体外。正常情况下静注后20秒可绝大部分排出,双肺放射性消失。由此可见,肺半清出时间反映的是肺泡气体换气功能,可作为其定量指标(12)。

$^{133}\text{Xe}$ 肺半清出时间之正常值:Farmerlant 报告为4~7秒(13),Heidendal 报告为平均6.1秒(14),前田知穗报告为3~13秒。

$^{133}\text{Xe}$ 静脉注入后20秒以后的数据受肺呼吸与再循环等干扰较大,于半对数纸上

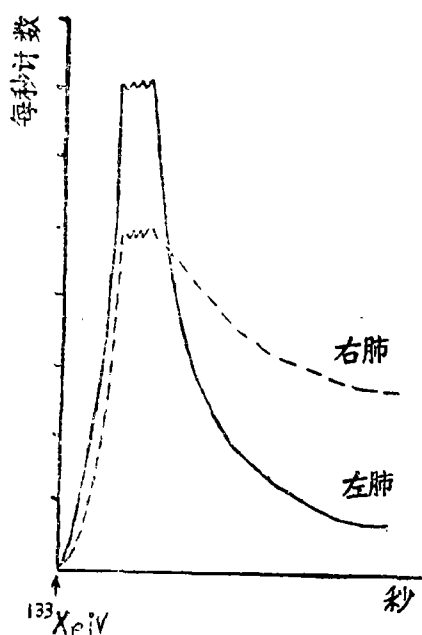


图1 记录器上清出曲线

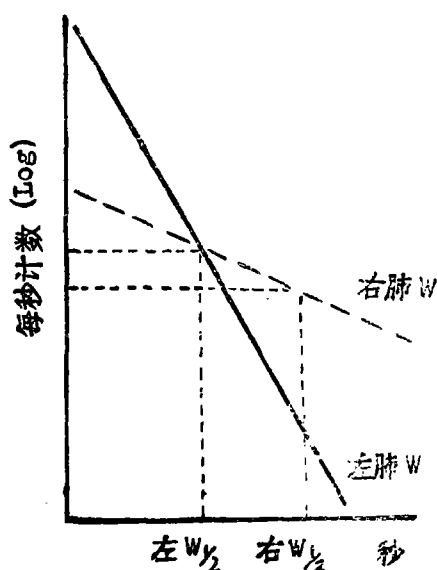


图2 半对数纸上清出直线

计测W1/2时不宜采取。呼吸次数与呼吸深度对 $^{133}\text{Xe}$ 肺半清出时间有一定影响,故于测定中应保持平稳的自然呼吸。

Goodrich(15)曾用 $^{133}\text{Xe}$ 气体于密闭装置内经插入气管的Carlen双腔管分别吸入左、右肺,分别于体外连续测出清出曲线,又以半对数纸上绘出清出直线,计算斜率,与以 $^{133}\text{Xe}$ 盐水静注后所测,求清出线之斜率进行比较。在正常二法所得斜率接近,肺动脉发育不全及肺炎患者病灶局部二法所得

斜率亦接近。这证明了 $^{133}\text{Xe}$ 静脉注入法之肺半清出期主要反映了肺泡换气功能。气管插管之吸入法对患者较为痛苦,静注法则无痛苦,较为安全。

### W1/2在气管炎研究方面之应用

我室曾对37例慢性支气管炎及12例肺心病患者之肺扫描进行分析,常可见到楔形或新月型放射性缺损(16,17)。对准扫描图闪烁缺损的体表位置处安置闪烁探头,另所以

闪烁探头对准健肺处,分测 $^{133}\text{Xe}$ 半清出时间。Farmelant(13)报告正常肺之W1/2为4~7秒,而慢性气管炎9例为7.0~19.0秒,仅1例在正常上界,8例W1/2延缓;另7例急性气管炎患者肺扫描未见缺损等异常,X片示有轻度肺气肿,患区W1/2为6.0~16.0秒,1例正常,6例延缓。Medina报告(18)40例慢性气管炎等呼吸道梗阻病患者中W1/2,仅8例正常,其余32例皆呈延缓,其中14例灌注肺扫描未见异常而W1/2异常。Effmann用狗实验证实区域性支气管闭塞时血流与换气皆低下,W1/2延缓,而肺叶支气管闭塞时灌注呈缺损,但由于对侧换气径路管区代偿,故换气功能尚佳,W1/2正常(19)。这些作者皆认为W1/2可作为探测与研究气管炎患者换气功能较灵敏之定量方法。

W1/2还可用来研究诱致或加重慢性气管炎的因素。Heidendal(14)报告正常非吸烟者十例之W1/2为平均6.1秒,而吸烟之正常人十例之W1/2为平均19.6秒,说明吸烟可影响换气功能,易诱致或加重支气管炎。

吸烟、尘埃等诱因可导致支气管粘膜纤毛功能障碍(分泌过度和异常、粘液淤积)而呈现咳嗽、痰液,继而引起支气管痉挛、阻塞,引致呼吸动力学障碍,如不注意进而引致阻塞性限制性换气障碍,最终引致肺心病(20,21)。在研究支气管炎等阻塞性疾患的致病因素,病理演变及疗效观察等方面, $^{133}\text{Xe}$ 测定W1/2等是有一定参考价值的(22)。

#### W1/2在其他呼吸疾病研究的应用

对局限性呼吸疾病:如肺癌、肺脓疡、结核等,肺半清出时间可提供对病患局部换气功能障碍程度的了解,可作为放射或手术治疗前确定照射剂量与手术范围之参考,亦可作为疗效观察之参考指标(23,24)。前田知穗等报告边缘型肺癌局部病灶之W1/2为18~22.5秒,而中心型肺癌的W1/2为15~

40秒更为延缓,认为中心型肺癌靠近肺门细支气管汇集区,癌肿组织阻闭部分气道,故损害换气功能更为严重,而边缘型肺癌损害肺泡野,不直接阻闭气道故换气功能障碍较轻。W1/2还可用来追踪肺癌经治后之疗效,发现癌肿经照射后缩小常可使部分气道通畅,换气功能恢复,W1/2较疗前减少,此点常是肺癌经治疗显效较早的表现。

肺脓肿因损害肺组织较局限,所致肺泡换气功能障碍较轻微,其W1/2为9~13秒,与正常值大部交叉。肺结核经常浸润型者,W1/2可正常,空洞型肺结核之局部W1/2可延缓(12)。

对肺循环疾病如肺梗塞、肺动脉异常病等,灌注扫描时常显示明确之缺损区,而气溶胶喷雾吸入扫描时常呈正常结果。Farmelant测定正常9人,W1/2为4~7秒,肺梗塞患者11人,其W1/2为5.0~24.0秒,其中6例在正常范围,延缓者5例占46%,认为肺梗塞患者缺血区大或病程较长者,其肺泡换气功能亦受波及(13)。ALi用八个闪烁探头分测双肺4个区域发现5例重症肺梗塞患者灌注扫描呈缺损之病区,其换气功能皆呈不同程度降低(25)。

#### 放射性同位素测定肺血流功能

一般用 $^{131}\text{I}$ -MAA 300~500微居里(或用放射性其他灌注肺扫描剂)静注后配合扫描,以多个闪烁探头对准患病肺区及对照正常肺组织,于不同时间测定计数率,求出计数率下降50%之半时间。正常人据Wagner报告(26)为4.5~10小时,Busse报告正常人7例为 $8.74 \pm 1.96$ 小时,哮喘症患者此指标延缓(27)。由于测定费时,干扰因素也较多,这方面资料较少。

此外,用多探头分测双肺上下肺野的灌注扫描剂放射性计数率比率来了解有无肺动脉高压也屡有报导(7)。EL-Zayat报告正常人卧位注入 $^{133}\text{I}$ -MAA后测得下肺野之

计数率较上肺野增加 49.4%，即上肺野/下肺野比率为 0.67<sup>(28)</sup>。Krishnamurthy 报告此正常值为  $0.64 \pm 0.12$ ，而肺动脉高压者则为  $0.99 \pm 0.38$ ，多数  $> 1$ 。Gilday 报告肺心症上叶与下叶血流分布逆转上/下肺野计数率比率  $> 1$ <sup>(29)</sup>。James 报告有些充血性心力衰竭患者上下肺野之血流分布亦呈异常，37.7% 病例上肺野放射性浓集，反映了这些病例肺动脉压增加<sup>(30)</sup>。

### 小 结

$^{133}\text{Xe}$  测定肺半清出时间这项换气功能指标，在各呼吸系统疾病病种间没有特异性诊断意义；但其与肺灌注扫描所见配合起来仍能对肺血管病与实质病有粗略鉴别倾向：(1) 如  $W1/2$  正常，而灌注扫描呈缺损则倾向肺血管病，(2) 如  $W1/2$  延缓，而灌注扫描呈缺损或不呈缺损仅表现为广泛放射性稀疏，则示换气功能低下，倾向气管炎，肺气肿、肺炎、肺癌等肺实质病变。

$^{133}\text{Xe}$  等测定半清出时间方法比较简单，仅为静脉注入，不需插管，肺被照射量亦较低，对病人较安全。

按目前国内已有的  $^{133}\text{Xe}$  及多探头功能仪已可进行肺半清出时间测定，如能同时进行  $^{133}\text{Xe}$  气体吸入扫描并通过电子计算机处理数据将可获得同体解剖分布和功能改变之动态观察资料，而对呼吸系统疾病之研究开拓一条新的途径<sup>(31)</sup>。

### 参 考 资 料

1. Conn H J: J Appl physiol 66:1065, 1961.
2. Воруал БЕ: Мед. Радиол 5:3, 1962.
3. Ball WC, et al: J Clin Invest 41: 519, 1962.
4. Колесников БП: Мед Радиол 6:59, 1963.
5. Larssen NA, et al: Lancet 1:686, 1964.
6. Blaha W H: Nuclear Medicine 2nd ed, 1971.
7. 朝阳医院同位素室: 呼吸系统疾病 75(1):65, 1975.
8. 国外医学参考资料内科分册(9):405, 1974.
9. Stelmann K, et al: Radiol 92:396, 1969.
10. Lohberg M D, et al: J Nucl Med 14:172, 1973.
11. Hines HH, et al: J Nucl Med 16(2):143, 1975.
12. 前田知穗等: Radioisotopes 22:124, 1973.
13. Farmelaut M H, et al: J Nucl Med 12:586, 1971.
14. Heidendal G K, et al: Cancer 30:1358, 1972.
15. Goodrich J K: Radiol 103:611, 1972.
16. 朝阳医院同位素室: 老年慢性支气管炎患者的肺扫描观察(内部资料), 1973.
17. 朝阳医院同位素室: 肺扫描对慢性肺原性心脏病诊断价值的初步探讨, 1973.
18. Medina J R, et al: JAMA 203:985, 1969.
19. Effmann E L: Radiol 105:85, 1972.
20. Bopp K F, et al: Minchen Med Wschr 115(34):1417, 1973.
21. L'Heureux P, et al: Radiol 100:170, 1971.
22. Dittirich F A, et al: JAMA 220:1120, 1972.
23. 神原博等: Radioisotopes 22:433, 1972.
24. InKley S R: Chest 62:517, 1972.
25. Ali M K, et al: Clin Res 21:71, 1973.
26. Wagner H N, et al: New Engl J Med

- 271:377, 1964.  
27. Busse W: J Nucl Med 14: 837, 1973.  
28. El-Zayat A, et al: J Nucl Med 13: 616, 1972.  
29. Gilday DC: Aroer J Roentgenol

- 115:739, 1972.  
30. James A E, et al: Radiol 100: 99, 1971,  
31. Inkley S R, et al: J Nucl Med 13: 439, 1972.

(北京朝阳医院同位素室 朱国祯 综述)

## 放射性同位素心血管照相的临床应用

放射性同位素心血管照相是近十年来发展的一项新技术,它通过放射性核素静脉内的快速注射,应用 $\gamma$ 照相机和数据处理系统,快速连续记录放射性物质通过心脏及大血管的流程,观察心脏及大血管内放射性核素的动态变化,从而了解心脏各房、室的形态和功能,达到诊断的目的。为了得到清晰、良好的图象,首先要求有足够的放射性强度,但又不增加对病人过多(尤其是儿童)的照射剂量。因此必须应用低能量、短寿命的同位素。同时要求放射性物质到达心脏时呈“弹丸”(Bolus)方式,以免被血液稀释,影响图象的诊断,这就要求放射性比度高,注射体积小,注入的速度要快,乃是检查能否成功的关键。

### 仪器和示踪剂

常用的仪器是大晶体碘化钠(铯)、高分辨率准直器(20,000~40,000孔)的 $\gamma$ 闪烁照相机,显象记录装置为磁录相、电影或35毫米定时照相机,每秒拍摄2~4张,或直接输给电子计算机进行数据处理和显示。近年来,特别强调电子计算机的应用,它可以提高影象的分辨率,并能进行数据处理,得到有关心脏功能的定量资料,如计算心排量、喷血、收缩期末与舒张期末容量、每搏

血量等,为临床的诊断与处理提供可靠的数据。

示踪剂:常用的有 $^{99m}\text{Tc}$ -高锝酸盐, $^{105}\text{Yb}$ -DTPA,或 $^{99m}\text{Tc}$ -人血清白蛋白,其性能见表(1)

表1 常用心血管照相示踪剂

同位素名称	物理半衰期	$\gamma$ 射线能量 (千电子伏)	注射剂量	对人体 照射量 (拉德)
$^{99m}\text{Tc}$ - 过锝酸盐	6小时	140	8~10毫居 小孩0.2 毫居/公斤	0.03~ 0.15
$^{105}\text{Yb}$ - DTPA	32天	63(45%) 198(35%)	7~10 毫居/成人	0.3

此外,最近的文献报导,有用 $^{191}\text{Ir}$ ( $^{191}\text{Os}$ )- $^{191m}\text{Ir}$ 发生器, $^{191}\text{Os}$ 的物理半衰期15.3天,子体 $^{191m}\text{Ir}$ 物理半衰期仅4.9秒, $\gamma$ 射线能量129千电子伏适合于 $\gamma$ 照相机,由于物理半衰期非常短,其对人体的照射剂量更低,故可以采取多体位的 $\gamma$ 照相。

### 检查方法

体位:病人一般采取前后位,探头的视野应包括整个心脏、两肺野、上至胸骨上窝、下至剑突及腹主动脉。为了显示左心房,可采用左前斜位或改良的左前斜位(在左前斜位基础上,以病人左腋前线对准探头