

脏器显像的进展

上海医科大学中山医院同位素室 陈可靖综述 赵惠扬审

近年来,医学范畴内新的显像技术不断出现,由于计算机的引入,核素显像技术也在不断更新之中,方法颇多,但归纳诸多脏器显像方法主要有如下几方面特点:(1)断层显像:其优点不仅使实质性脏器内占位性病变的检测灵敏度有所提高,而且可做脏器容量测定、肿瘤体积测定。(2)动态显像:其结果可以观察脏器血流状况,辅以适当示踪剂,可以观察脏器功能的改变;对示踪剂在脏器内所产生的时间、空间改变通过计算机的复杂运算得出平均的数据指标,分析这些指标,为随访病情进展,评价手术及药物治疗效提供了可靠的数据。(3)很多正电子发射的放射性核素如 ^{15}O 、 ^{13}N 等,通过PECT显像,尚可观察组织代谢的改变,进行有关方面的研究。但此技术要求条件高,使用单位需配备小型加速器,目前国内难以推广。1980年后,国内不少单位引进了SPECT。以下就前两方面的应用作一简要概述。

一、局部脑血流量测定

就现有报道来看,放射性核素脑血流量测定是一比较有价值的诊断方法,按MCS-560所附软件程序^[1],可以快速探测左右大脑半球的血流分布。测定方法为在静脉注射 $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ 后,即刻进行连续正位摄片,每2秒钟摄片一帧,连续32帧。进行图像处理时,分别在左右大脑半球及左右颈动脉框取感兴趣区,计算左右颈动脉(LT, RT)放射性出现时间及左右大脑半球(RV, LV)放射性之比。正常情况下, $\text{RT-LT} < 1$, $\text{RV/LV} = 0.8 \sim 1.2$,此方法的优点是可以显示脑组织的血流分布,对血流的改变敏感而

特异;主要缺点是不够精确,且弹丸形成的好坏直接影响测量结果。

SPECT探测局部脑血流量较前述方法有改进。局部脑血流量测定所用示踪剂以往采用 ^{133}Xe ,近年来报道比较多的是 $^{99\text{m}}\text{Tc-HM-PAO}$,测定方法基本相似,即在吸入或注入示踪剂后进行头部断层摄影,过眼角与外耳道连线(Canthomeatal Line CML)所作断层为第一断层,以后每隔一定距离(1.5~5 cm)取一断层,直至颅顶为止。根据诸分层放射性分布判断脑血流情况。Buell(1984)^[2]等采用 ^{133}Xe 作示踪剂(吸入),在CML上6 cm及12 cm处各取一断层,将每个断面分为12个感兴趣区(ROI),中间带为5象素单元(Pixel),分别计算区域血流AF(ml/100g·min);区域血流量AR, $\text{AR} = \text{AF(R)}/\text{AF(L)}$;对病人,加算缺血侧区域血流和相应正常侧区域血流低限之差 ΔAF ,正常侧AR与缺血侧AR之差 ΔAR 。作者测定15例完全卒中(CS),16例可逆性神经系统病变(中风后24小时趋于清醒的病例)(PRIND)及16例暂时性缺血者(发作后24小时已完全清醒)(TIA),结果显示正常人和病人区域血流有明显差异,随病情严重程度的增加,区域血流明显降低。

二、 ^{201}Tl 心肌灌注显像

^{201}Tl 心肌灌注显像,国内外已广为应用。其显像原理已众所周知,运动前后 ^{201}Tl 心肌灌注及洗出图像的定量分析可以提高诊断冠状动脉疾患的灵敏度及特异性。具体操作方法大多以LAO、LL、ANT的顺序分别

收集运动后即刻及运动后 2 小时心肌图像, 然后用计算机进行处理, 按 MCS-560 内所附有的软件程序包括插入法扣除本底 (Interpolative Background Subtraction), 框取左心室边界, 绘制心肌放射性分布坐标图。Wacker (1985)〔3〕等报道定量分析诊断 CAD 的结果, 灵敏度及特异性均高于视觉分析, 尤以右冠状动脉的单血管病变为佳。

关于断层心肌显像, 信息的获取多采用大视野 γ 闪烁探头, 平行孔准直器, 固定于支架上的探头绕身体长轴旋转 180° ($90^\circ \sim 270^\circ$) 或 360° , 每 $3 \sim 6^\circ$ 获取图像一帧, 所得材料由计算机贮存, 待收集材料完成后进行图像重建, 并作横断、冠状及矢状面断层处理。心肌断层显像的优点: (1) 灵敏度高于 γ 照相心肌显像。据 Tamaki〔4〕、Nohara〔5〕报道, 心脏任何血管分支的病变, SPE-CT 均高于二维 γ 照相。(2) 可减少周围脏器放射性的干扰。心肌下界的放射性缺损区, 在 γ 照相时由于肝区、脾区放射性的关系常被掩盖, 而 SPECT 可明显区分。(3) 可减少心肌本身放射性的干扰。正常灌注的心肌与灌注减低区, 在 γ 照相时有些部位可能相互重叠, 使灌注缺损区的范围和程度减少。SPECT 由于是逐层观察放射性分布, 故组织重叠而形成的相互干扰可以大大减少。

左心室容量 (LVM) 的测定: 测定左心室容量对缺血性心脏病和心肌肥大的患者有着预后作用。Keyes 等 (1981) 及 Holman 等 (1983) 曾先后进行动物实验, 均提示在不存在实验性心肌缺血的情况下, 心肌 ^{201}Tl 分布的 SPECT 检查可以准确地、非侵入性地测定狗的左心室容量。Futaqami 等 (1984)〔6〕测定了 14 例扩张性心肌病 (Dilated Cardiomyopathy DCM) 患者及 5 例正常人, 结果有明显差异。正常人 $141.6 \pm 22.4\text{ml}$, DCM 患者为 $255.5 \pm 54.1\text{ml}$, 因而作者认为 ^{201}Tl 心肌 SPECT 对诊断

扩张性心肌病是一种有用的非侵入性技术。这种定量方法对其他心肌疾患的测定也是可以应用的。

三、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC 心血池显像

平衡法 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC 心血池显像采用多门电路控制, 采集信息, 按计算机内给定程序计算射血分数, 观察室壁运动, 进行相位分析。有关 EF 值的临床价值国内外报道颇多, 主要反映左心室泵功能。因右心血池略大于左心, 且肺循环属低压系统, 故右心射血分数低于左心。左、右心房射血分数难以测定。运动后 EF 值的测定有助于左心储备功能的判断。此外, 也有人报道 (Schoher, O, 1985) 监护移植心脏的排异反应, EF 值的测定也有一定价值。

门电路心血池显像中, 近年来比较引人注意的是用计算机进行相位分析 (Phase analysis)。相位分析是利用心脏单位容积时间-放射性改变经付里叶 (Fourier) 转换, 而得到的相位角分布和振幅图, 根据相位角和振幅的改变观察心脏的某些异常。综合文献报道, 相位分析主要有如下几方面用途: (1) 利用诸心腔的相位差判断房室边界。(2) 显示心脏电兴奋与机械运动的相互关系, 诊断传导异常。正常情况下, 最早兴奋的象素单元是室间隔, 依次为心尖及左心室底部。当束支传导阻滞时, 可见兴奋点的显示顺序有所改变。(3) 判断收缩异常, 室壁运动减低时可见振幅减低, 相位角分布明显改变。Nakajima K (1984)〔7〕报道 20 例经手术验证旁路的预激症候群患者测定结果, 提示相位分析诊断旁路部位的阳性率为 80% (16 人)。Johnson 等 (1986)〔8〕的测定结果认为, 相位分析定位预激部位优于电生理的方法。

四、肝 SPECT

早在 60 年代比较受欢迎的肝扫描, 由于

灵敏度不高而被淘汰，代之而起的是 γ 照相、CT、“B”型超声及SPECT诊断肝区占位性病变。从现有报道看，SPECT肝显像在一定程度上优于肝 γ 照相，SPECT除可用来定位诊断肝占位性病变外，尚可作肝容量测定。

肝SPECT显像的示踪剂多为胶体制剂，如 ^{99m}Tc -锡胶体， ^{99m}Tc -植酸钠等，约在静脉注射后10分钟进行肝脏显像。若所用SPECT为单探头旋转式，一般将探头置于背部（相当于肝区水平），自零度开始，每 $3\sim 6^\circ$ 摄片一帧，共转 360° ，摄片60~120帧，所采集数据贮存于计算机内，待患者摄片完成之后，重建图像，作横断、冠状及矢状断层分析。

肝断层的主要优点：可进行肝占位性病变的定位诊断。与肝 γ 照相相同，肝SPECT所探测的仍属有活力的肝组织，相当于病变部位可见放射性分布稀疏或缺损区。由于肝SPECT为三维显像，可定位病变所在部位。SPECT诊断肝占位性病变的灵敏度高于肝 γ 照相，按Ell(1981)^[9]报道，相对灵敏度 γ 照相为80%，而SPECT为90%。不同作者的报道略有差异，可能与病变大小、病变位置以及仪器本身的质量有一定关系。Strauss^[10]测定了65例，CT检查156处肝转移损伤，根据损伤大小分为9组，发现SPECT检测肝占位性病变的阳性率随肿瘤结节的增大而增加，直径1.0~1.5cm者阳性率为35%，直径1.5~2.0cm者为52%，直径2.5~3.5cm者达68%，直径在3.5cm以上者超过90%。从病损所处位置来看，SPECT对右侧1/3肝脏部位的病损灵敏度较高，而对肝脏中1/3处的小病损灵敏度最低。左肝脏1/3处的大病灶，在不能确定肝脏边界的情况下，或肝门区附近的小占位常被漏诊。

Buell(1983)^[11]报道89例患者测定结果，其中42例患有局限性肝脏占位性病变，包括转移性肝肿瘤、肝囊肿、肝血管瘤、棘球瘤

(*Echinococcus*)和原发性肝癌。比较其诊断准确性及特异性，发现SPECT、TCT和超声三者的定位准确性近似。但结合疾病性质的特异性诊断，SPECT不及TCT、超声。作者认为在没有TCT设备的情况下，合并应用SPECT和超声，可以达到同样效果。

用SPECT判断肝内肿瘤的微循环^[12]：在此项研究中所用的示踪剂为 ^{99m}Tc -MAA(macroaggregated albumin)，颗粒的直径为 $30\sim 40\mu\text{m}$ 。这种示踪剂原用于肺灌注显像（由静脉注入后栓塞于肺的毛细血管内），用于肝微循环研究时是由化疗的动脉导管内注入，注入后首先作肝 γ 照相，如果导管位置正确，放射性浓集于肿瘤内，周围正常肝组织有少量放射性浓集。继肝 γ 照相后，进行肝断层，从断层的结果可以看到肿瘤大小不同，放射性分布有差异，不论是转移性肿瘤（结肠癌转移到肝脏）或肝内癌肿结节，直径大于 $8\sim 9\text{cm}$ 时，其中心部位均出现放射性分布减低区，而小的肿瘤结节则无此现象。原发性肝癌的小结节放射性强度可高于正常肝组织的20~30倍。此结果提示，在大的肿瘤结节中心有低血管区，低血管区的周围血管比较丰富，不论肿瘤结节的大小，其厚度总在4cm左右，说明来自正常肝组织的肿瘤营养血管进入肿瘤结节，其深度约4cm。因此，较大肿瘤结节的中心常坏死。小肝癌血管丰富，可能是小肝癌血管造影的基础。

五、定量判断总胆管阻塞的程度和部位

最近，不少作者感兴趣的是进行胆系显像的定量分析^[13]，以观察总胆管阻塞的程度和部位，其方法与常规胆系显像近似，区别在于选用一种能很快被肝脏摄取又从肝脏排泄的放射性药物，如 ^{99m}Tc -DISIDA（二异丙基乙酰替苯胺亚氨二醋酸）。静脉注射示踪剂后，每2分钟摄片一帧，连续摄片60分钟，如果在1小时内胆囊不显影，则3~

6小时后重复显像。一般情况下,1小时后总胆管、胆囊均被放射性胆汁所充盈,此时调节Y照相机或体位使胆囊能明显显示,充分显示胆囊、总胆管后每2分钟摄片一帧,连续30分钟,在10分钟时输注胆囊收缩素(CCK),采集输注CCK前后图像信息,计算胆囊喷射分数(Ejection Fraction),喷射速率(ER)。正常时,EF>35%,ER>3.5%/min。单EF值减少,提示胆囊收缩功能降低,见于胆结石病例。EF、ER值均减低,提示总胆管排泄不畅,见于多种原因引起的总胆管梗阻。

据Fink-Bermett(1985)^[14]报道,测定胆囊EF可鉴别诊断胆囊管综合征(Cystic Duet Syndrome, CDS)。CDS的临床症状为右上腹或上腹部发作性绞痛,一般在饭后早期发作,伴随消化不良症状,从病理上看胆囊本身正常或有轻度或中度慢性炎症,囊壁增厚或有增生性改变,胆囊管纤维化,这种纤维化可波及胆囊颈及漏斗部,引起胆囊管狭窄及部分梗阻,这类患者的胆囊EF值明显下降。作者测定了14例患者的胆囊EF值,其值为0~22%,此14例患者的超声,口服胆囊造影和上消化道GI均未见异常改变。因此,认为胆囊EF值对CDS是一种有价值的诊断方法,一旦得到证实可及早采取措施解除患者痛苦。

此外,利用SPECT可进行胆系显像计算胆囊容量^[15],正常人平均禁食胆囊容量为 $28 \pm 6 \text{ cm}^3$,输入CCK后胆囊残存容量为 $15 \pm 2 \text{ cm}^3$ 。

对于硬化性胆管炎^[16],不论是肝Y照相或肝SPECT显像均可见^{99m}Tc-DISIDA在肝脏内分布不均,特别在SPECT显像可见不同区域半排出期也有差异,因此利用^{99m}Tc-DISIDA所作的肝胆系统动态断层摄影也可为这种疾患的诊断提供依据。

六、肺SPECT

肺SPECT亦分为通气显像及灌注显像两大类,在有条件的单位可进行肺肿瘤的阳性显像。通气显像用示踪剂为¹³³Xe或^{99m}Tc-DTPA雾化吸入剂,灌注显像示踪剂为^{99m}Tc-MAA,肿瘤阳性显像示踪剂为⁶⁷Ga-枸橼酸。近年来有报道肺肿瘤也可摄取^{99m}Tc-GH(Glucoheptonal)及^{99m}Tc-DPD。

肺断层显像的方法与肝SPECT相同,在获取信息后进行横断、矢状及冠状分层,分层的数目依据所用仪器及病情而定。GE400型SPECT可得到较多数目的断层,每个断面的厚度为1.9cm。

与Y照相相比,肺SPECT有如下优点:

(1)可以比较精确地定位病变所在位置、大小和累及范围。Jeune等(1982)^[17]曾对2例支气管肺癌的患者进行SPECT检查,得到了有用的信息。(2)肺的灌注显像多用^{99m}Tc标记化合物作示踪剂,^{99m}Tc在组织中的半衰减值为4cm,而一般肺的前后径为15cm,故对中心的、小的占位性病变,SPECT有较高的灵敏度。据Vorne M(1986)^[18]报道,以^{99m}Tc-DPD作示踪剂进行肺肿瘤的阳性显像时,SPECT颇有价值,在冠状及横向分层断面上肿瘤与正常肺组织放射性强度之比可达5~6,图像清晰。(3)比较清楚地断定纵膈空间,改进了影像的对比度。某些先天性异常,如支气管后隐窝及肺气肿引起的纵膈疝等,可以得到明确诊断。(4)可以作肺容量测定,从而可以定量地、比较客观地估价肺栓塞的疗效。

此外,Lima^[19]等报道,用^{99m}Tc-RBC作示踪剂,取心血池显像的方式,于俯卧位获取信息,对肺血池内放射性的周期改变,通过付里叶转换进行肺灌注显像的相位分析,见正常人与某些肺部疾患的病人,不论是相位角分布或是相位值均见明显差异。此方法仍在探索之中,可能成为核医学显像技术的独到之处。

七、 ^{99m}Tc -DTPA肾血流测定

^{99m}Tc -DTPA属快速通过型肾显像剂，不与血浆蛋白结合，静脉注入后主要由肾小球滤过，经泌尿系统排出体外。此类示踪剂除可作动态肾显像外，目前广泛用来作肾小球滤过率测定及肾血流测定。

进行肾血流测定时，患者取后前位，探头视野应包括腹主动脉及双肾。移植肾测定时应取前后位，视野除包括腹主动脉、移植肾外，应包括膀胱。 ^{99m}Tc -DTPA以弹丸形式由静脉注入，按2秒/帧的速率行动态 γ 照相，连续摄片32~45帧，所采集信息同时由计算机收集，待测定完成后，重建图像，按计算机内所备有的程序进行处理，据MCS-560所具程序通常可绘制四条时间活性曲线，主动脉、本底及双肾血流曲线。主动脉血流曲线的峰宽应在5秒之内，否则提示弹丸形成不好，影响肾血流曲线的判断。正常情况下，双肾血流曲线形态及放射性强度近似，在肾动脉狭窄时，肾血流曲线无高峰出现，近似高水平延长线，为便于观察，Nally等(1985)^[20]进行动物实验提出曲线上速率、曲线宽度和两侧曲线最大活性之比等九项指标作为比较标准，有助于动态观察肾血流的变化。

^{99m}Tc -DTPA测定肾血流有助于肾性高血压的诊断，其灵敏度及特异性均高于 ^{131}I -邻碘马尿酸法。按Nally等动物实验测定结果， ^{99m}Tc -DTPA测定肾血流改变的假阳性率为7%，而 ^{131}I -邻碘马尿酸法的假阳性率为28%，因此前者目前应用颇广。

综上所述，由于电子计算机的引入，使核医学得到进一步发展，这不仅表现在断层的结果可使诊断脏器占位性病变的灵敏度有所提高，可以定位实质性脏器占位性病变的位置和体积，更重要的是由于其迅速成像，

可以测定脏器血流量。并可得到一些定量指标，对随访病情、观察疗效和监护移植脏器均有相当重要作用，成为当前临床上必不可少的诊断工具之一。

参考文献

1. Technicare Clinical Protocol Manual, No 960134, Revision A, 3B-1, 1983.
2. Buell U et al, J Nucl Med 25:441, 1984.
3. Wacker JF et al: Semin Nucl Med 15:46, 1985.
4. Tamaki N et al: Eur J Nucl Med 9:99, 1984.
5. Nohara R et al: Am J Cardiol 53:1250, 1984.
6. 二神 康夫等: 核医学 21:909, 1984.
7. Nakajima K et al: J Nucl Med 25:7, 1984.
8. Johnson LL et al: J Am Coll Cardiol 8:67, 1986.
9. Ell PJ et al: Semin Nucl Med 11:50, 1981.
10. Strauss L et al: J Nucl Med 23:1059, 1982.
11. Buell U et al: J Nucl Med 24:946, 1983.
12. Gyves JW: J Nucl Med 25:972, 1984.
13. Krishnamurthy GT et al: J Nucl Med 26:726, 1985.
14. Fink-Bennett: J Nucl Med 26:1123, 1985.
15. Ames LH et al: J Nucl Med 26:p80, 1985.
16. Rodman CA et al: J Nucl Med 26:p94, 1985.
17. Jeune et al: Eur J Nucl Med 7:171, 1982.
18. Vorne et al: Eur J Nucl Med 12:290, 1986.
19. JJP de Lima: Eur J Nucl Med 12:258, 1986.
20. Nally JV et al: J Nucl Med 26:917, 1985.