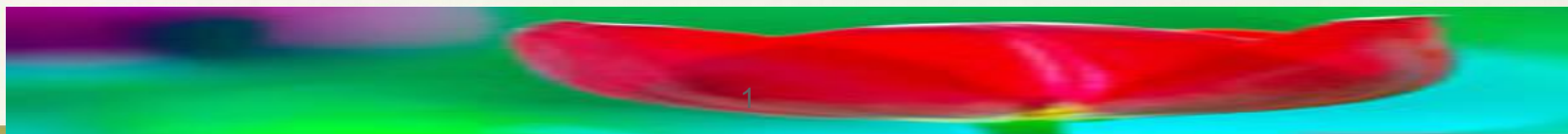


核医学

游金辉 教授 硕士生导师

Tel: 0817-2262227

医学影像学院核医学教研室



神经核医学

Nuclear Neurology



神经系统显像

- * 现代核医学迅速发展
- * SPECT/CT和PET/CT：同时反映解剖结构和功能代谢
- * 核医学能更精确地定位和定量诊断



神经系统显像

- * 从分子水平上展示人脑生理、病理变化
- * 反应脑的代谢、血流、生理、生化等改变
- * 观察活体大脑功能活动与代谢、血流的关系
- * 生理性（Physiologic）断层



神经系统显像

- * 核医学显像在显示**脑血流灌注、物质代谢、受体和神经递质、基因和脑认知功能**的研究中发挥着重要作用。



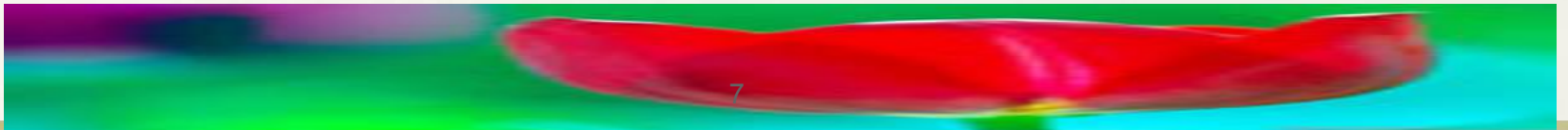
神经系统显像

- * 原发性癫痫手术前癫痫灶的定位
- * 脑肿瘤治疗后肿瘤复发与放射性坏死的鉴别诊断
- * 早老性痴呆的诊断
- * 帕金森病的受体显像
- * 脑功能的研究



检查技术

- * 脑血流灌注显像
- * 脑代谢显像
- * 脑神经递质和受体显像
- * 脑血脑屏障显像
- * 脑脊液显像

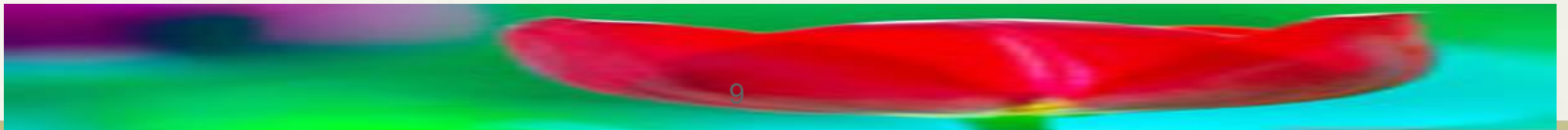


适应症

- * TIA的诊断
- * 早期诊断脑梗塞
- * 癫痫灶的定位诊断
- * 偏头痛的定位诊断
- * 痴呆的鉴别诊断
- * 精神和情感障碍
- * 肿瘤定位与定性、血运判断、复发与瘢痕的鉴别
- * 脑生理研究与认知科学的探索

脑功能断层显像

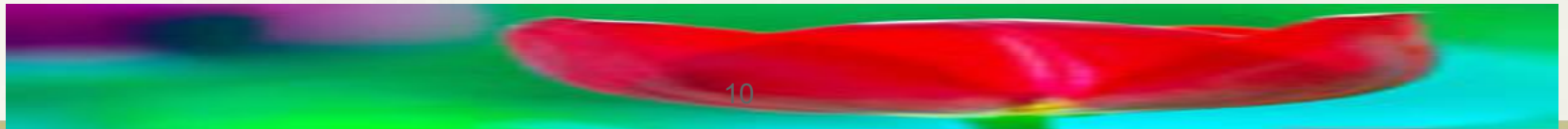
- ❖ **脑功能断层显像 Function Imaging**
- ❖ **脑血流灌注显像 Perfusion Imaging**



脑功能断层显像

1、原理

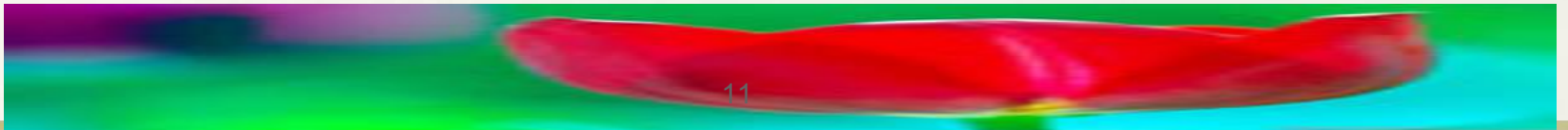
- ❖ 能够通过完整血脑屏障的放射性药物，如胺类和四位配基络合物
- ❖ 首次通过脑能够摄取80%以上，其**进入脑细胞的量与局部血流量（r-CBF）、脑细胞功能状态成正比**



脑功能断层显像

1、原理

- ❖ 当它们和非特异性受体结合或代谢后，形成非脂溶性物质，很少在脑中再分布，只是较长时间的停留在脑组织中
- ❖ 可用ECT采集信息，重建断面，显示r-CBF的分布状态



脑功能断层显像

2、显像剂

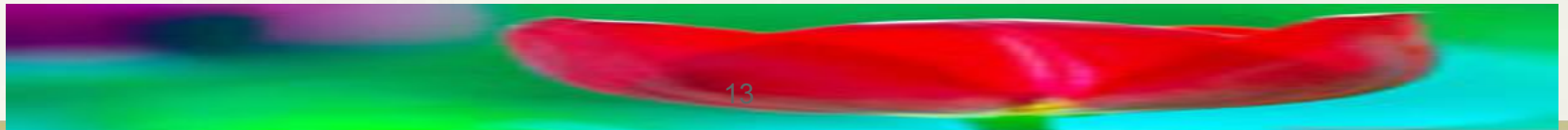
- ❖ ^{133}Xe 、 ^{127}Xe 、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ：脑中清除快，需特殊装置，分辨率低，无法广泛使用。
- ❖ 1980年 ^{123}I -IMP（安菲他明）：临床效果好。但 ^{123}I 需加速器生产，价格昂贵，国内无法使用。



脑功能断层显像

2、显像剂

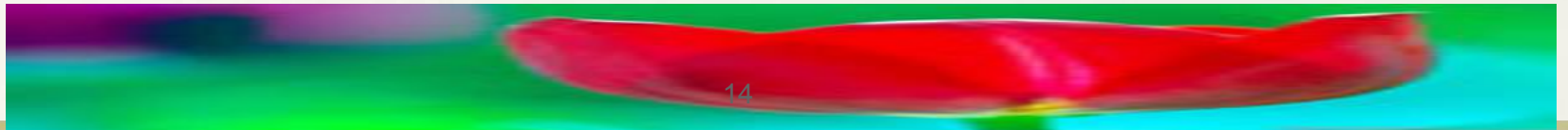
- ❖ ^{99m}Tc -HMPAO(六甲基丙烯胺胍): 1983年
- 有外旋 (dl) 和内旋 (meso) 两种异构体, 以dl为目前最理想的显像剂
- 脂溶性, 不带电荷, 分子量小, 可通过完整的BBB, 在脑组织中的摄取与血流量成正比
- 值得注意的是它在体外稳定性差



脑功能断层显像

2、显像剂

- ❖ ^{99m}Tc -ECD(双半胱乙酯)
 - 体外比 ^{99m}Tc -HMPAO稳定，体内分布好，是一种常用的脑灌注显像剂。



脑功能断层显像

3.显像方法——静息显像

- ❖ 静脉注射 ^{99m}Tc -HMPAO 370~940MBq后 15~60min，病人仰卧进行局部脑血流断层显像
- ❖ $6^\circ / \text{F} \times 360^\circ$ ，每帧时间约为10-20sec
- ❖ 重建冠、横、矢状的断层图像



脑功能断层显像

3.显像方法——负荷显像

药品介入试验：乙酰唑胺介入试验、美解眠药物诱发试验、尼莫地平介入试验、乙酰肉毒碱介入试验、抗胆碱药物介入试验、抗精神药物介入试验、潘生丁介入试验、腺苷介入试验、CO₂负荷试验等。

脑功能断层显像

3.显像方法——负荷显像

- 人为干预介入试验：过度换气诱发试验、剥夺睡眠诱发试验、睡眠诱发试验、直立负荷试验、颈动脉压迫试验（Matas试验）。
- 生理刺激介入试验：肢体运动、视觉、听觉刺激试验、躯体感觉刺激试验等。

脑功能断层显像

3.显像方法——负荷显像

- 认知作业介入试验：记忆试验、听觉语言学习试验、计算试验、思索试验等。

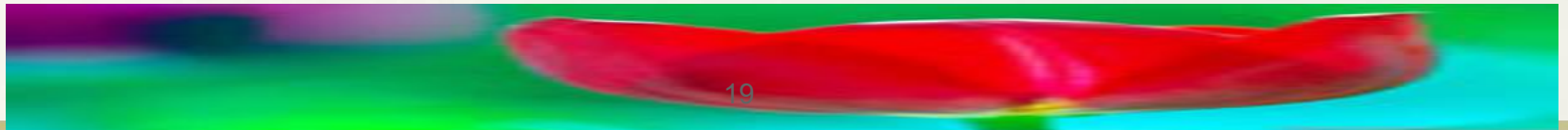
- 物理性干预试验：磁场干预试验、低能激光照射试验、针刺激发试验等。



脑功能断层显像

3.显像方法——负荷显像

乙酰唑胺能抑制脑内碳酸酐酶的活性，使碳酸脱氢氧化过程受到抑制，导致脑内pH值急剧下降，正常情况下会反射性地引起脑血管扩张，导致rCBF增加20%~30%，而病变部位血管的这种扩张反应很弱或甚至根本没有反应，应用乙酰唑胺后潜在缺血区和缺血区的rCBF增高不明显，出现相对放射性减低或缺损区。

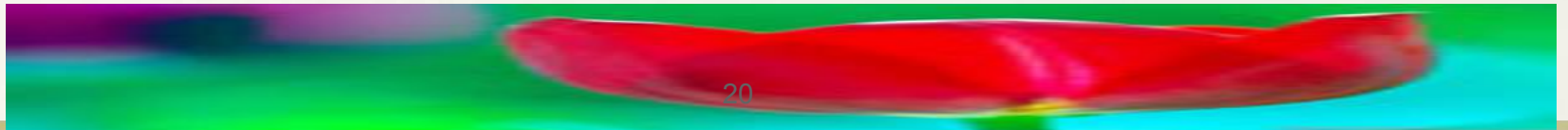


脑功能断层显像

3.显像方法——负荷显像

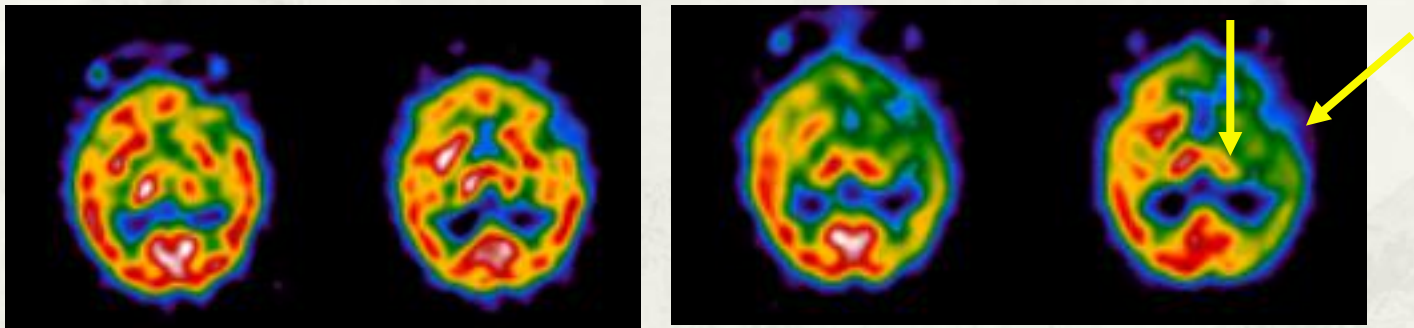
主要用于评价脑循环的储备功能，对缺血性脑血管病的早期诊断很有价值。

检查时需行两次显像，首先行常规脑血流灌注显像，随后进行乙酰唑胺(acetazolamide)负荷试验。



脑功能断层显像

3.显像方法——负荷显像



Cerebral blood flow imaging with acetazolamide intervention shows decreased radioactive uptake in the left temporal lobe and left basal ganglia (right), while resting image shows no obvious radioactive decrease (left)。



脑功能断层显像

4.正常图像

- ❖ 入脑的显像剂与脑的血流灌注量及脑细胞摄取功能成比例
- ❖ 影像上放射性分布的高低，反映不同局部脑血流灌注、脑神经细胞功能活跃程度。



脑功能断层显像

4.正常图像

- ❖ 左右两侧大脑皮质、基底节、丘脑、小脑和脑干等灰质结构的血流量高于白质，表现为放射性浓聚区，呈对称性分布；
- ❖ 白质和脑室部位放射性摄取明显低下，脑灰、白质对比度好。

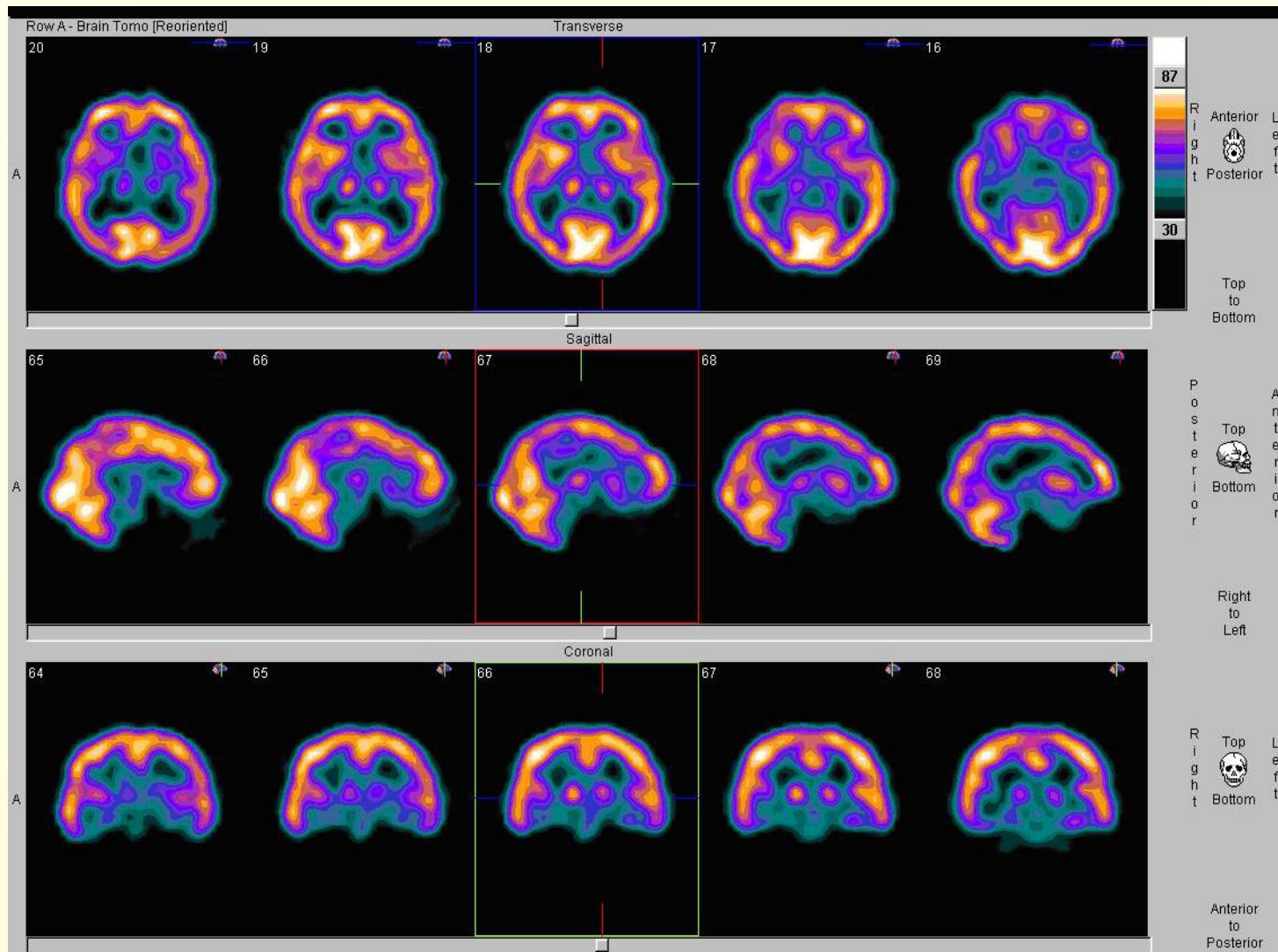


脑功能断层显像

4.正常图像

- ❖ ^{99m}Tc -HMPAO测定的全脑平均血流量为 $44.2 \pm 4.5 \text{ ml/ (100g/min)}$ ，左右脑的rCBF相近，男女性别间无明显差异。
- ❖ 正常情况下左右大脑半球相应部位放射性比值差异小于10%，大于10%为异常。





Normal cerebral blood perfusion imaging with ^{99m}Tc -ECD SPECT

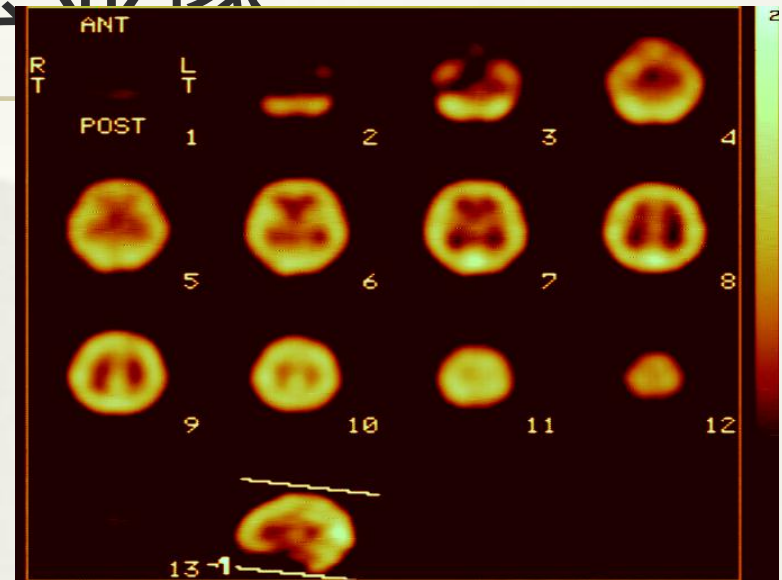


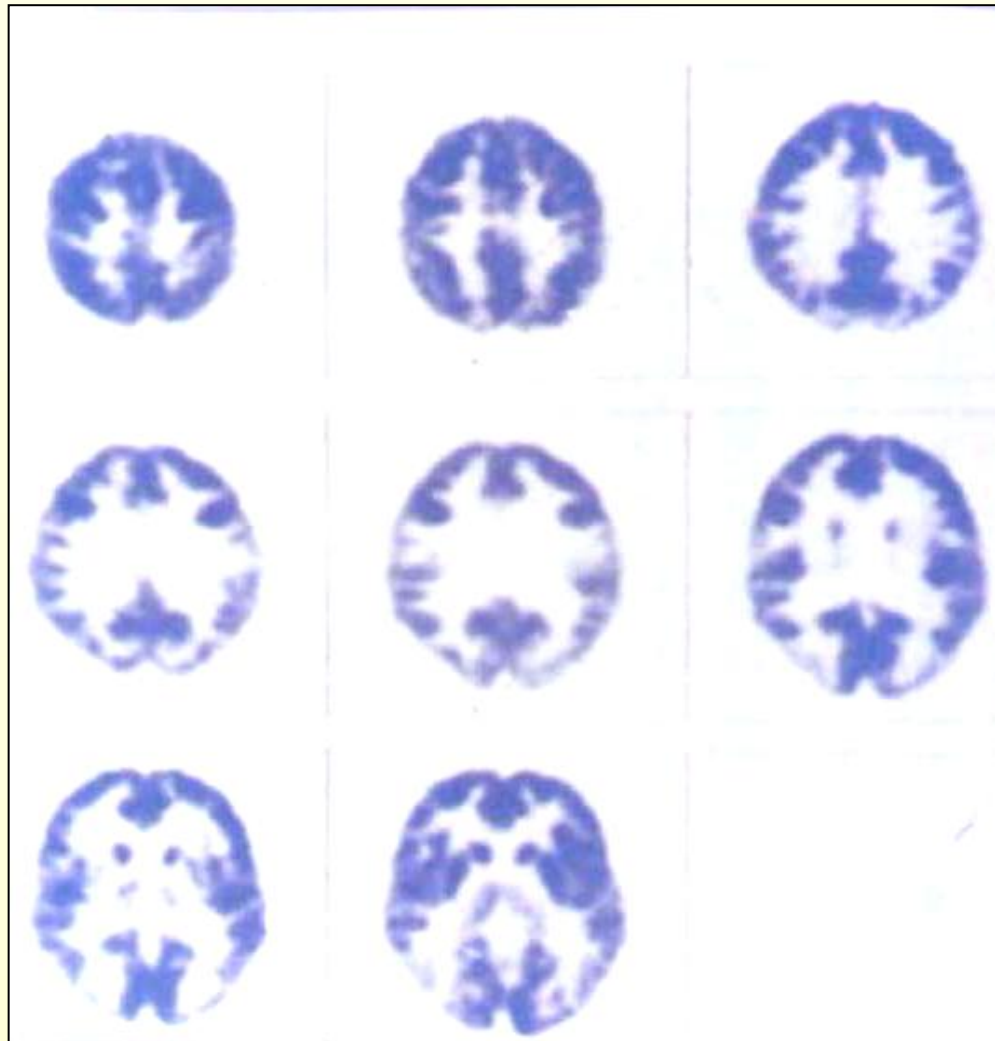
脑功能断层显像

4.正常图像

横断面

- ❖ 灰质清晰可见
- ❖ 额叶、颞叶及枕叶放射性对称分布
- ❖ 尾状核、豆状核及丘脑清晰可见
- ❖ 视皮质亦可见
- ❖ 小脑半球清楚显示

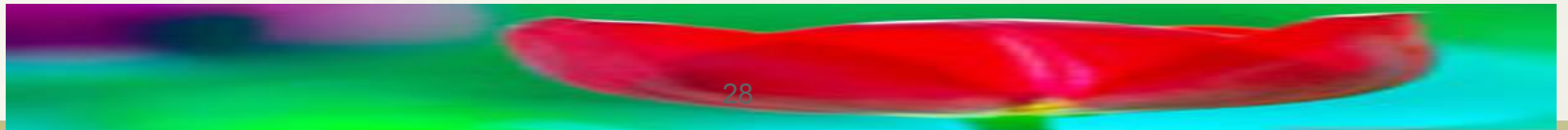


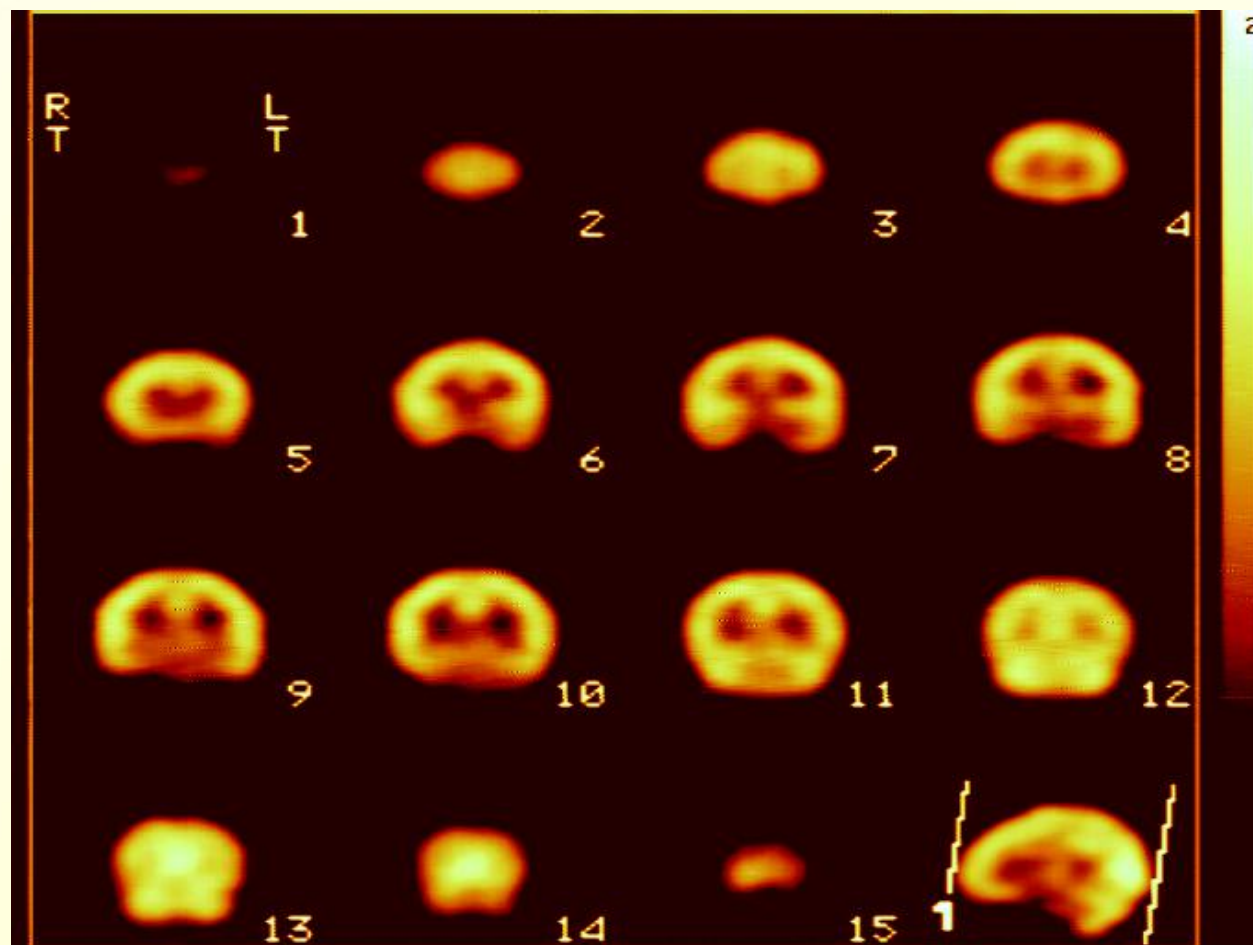


脑功能断层显像

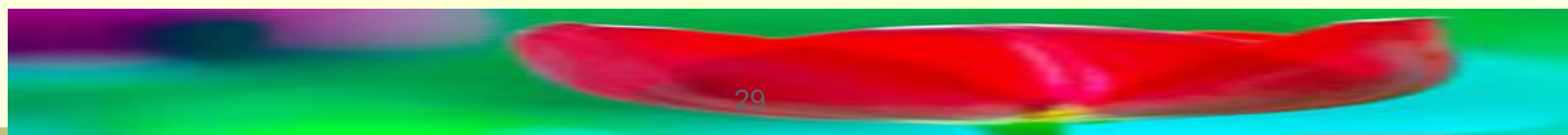
4.正常图像

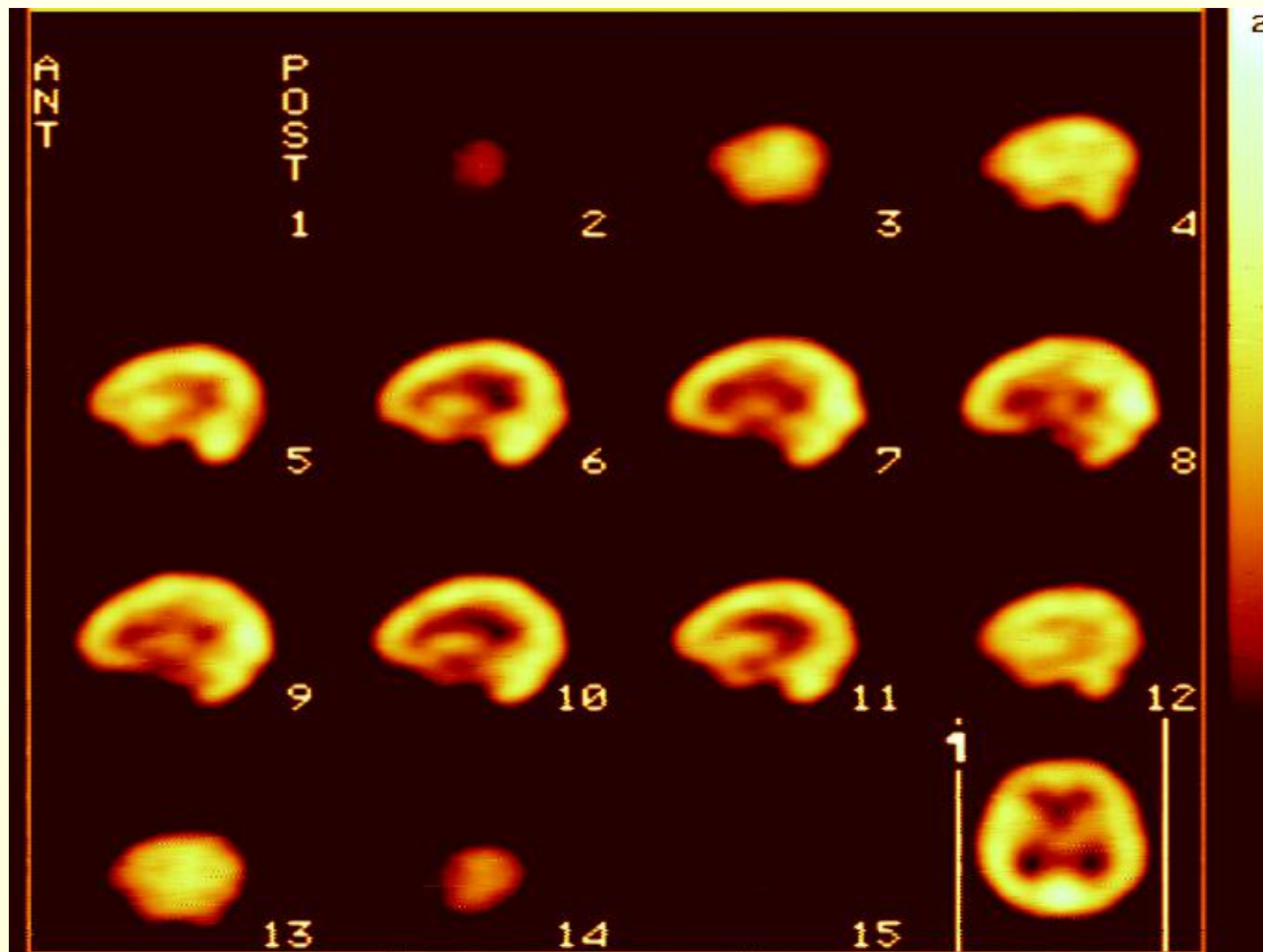
- ❖ 冠状面的放射性分布均匀对称，基底节清晰可见。
- ❖ 矢状面将大脑从右到左剖面逐层观察。



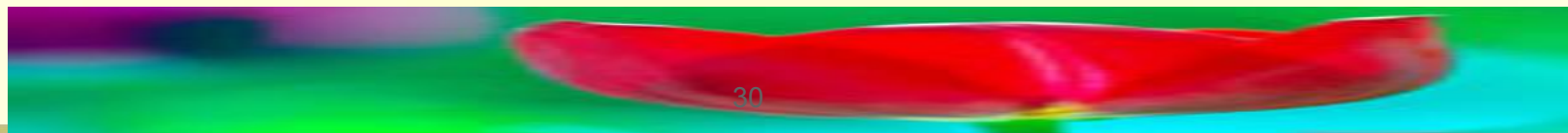


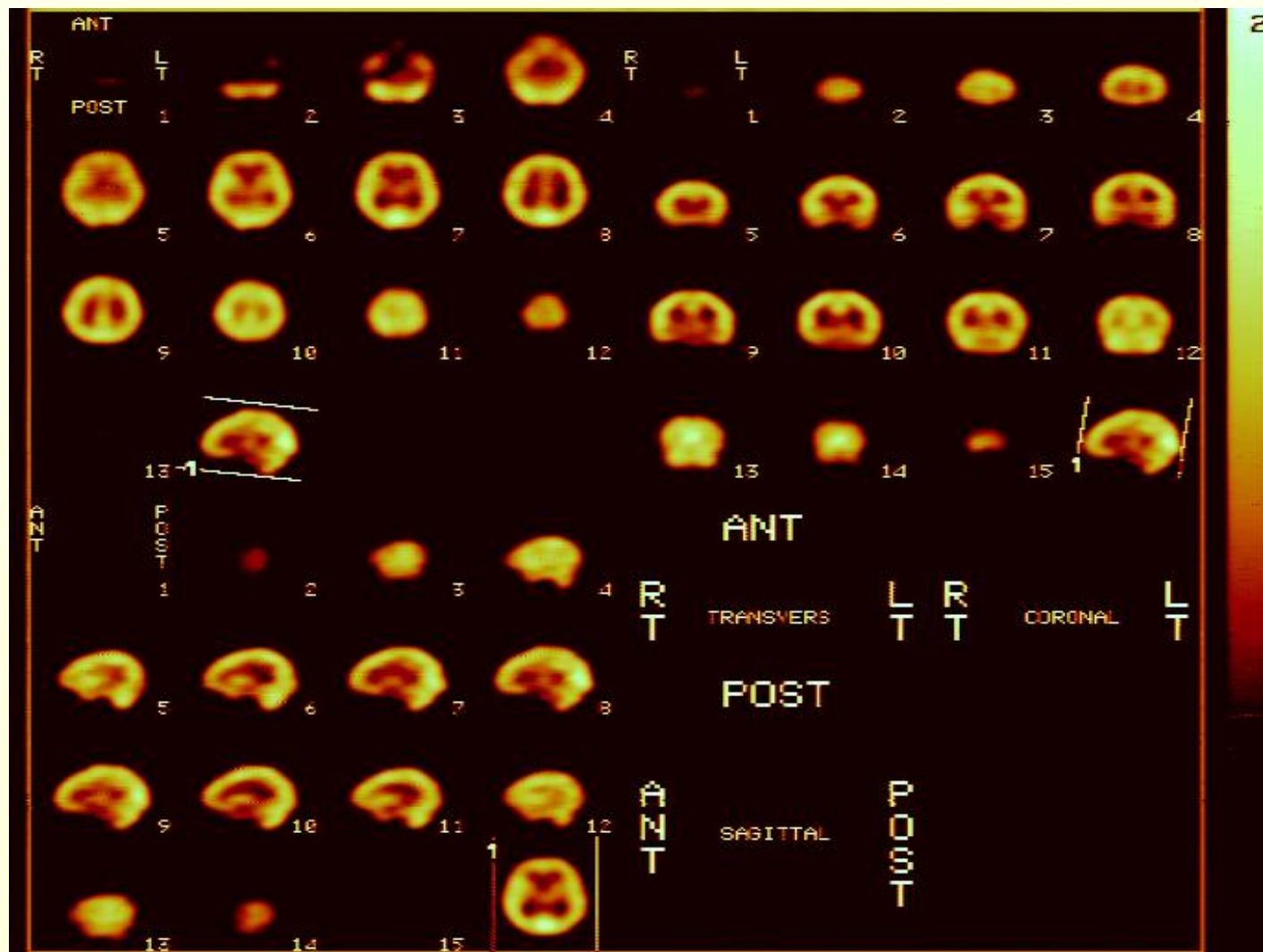
冠状面图像





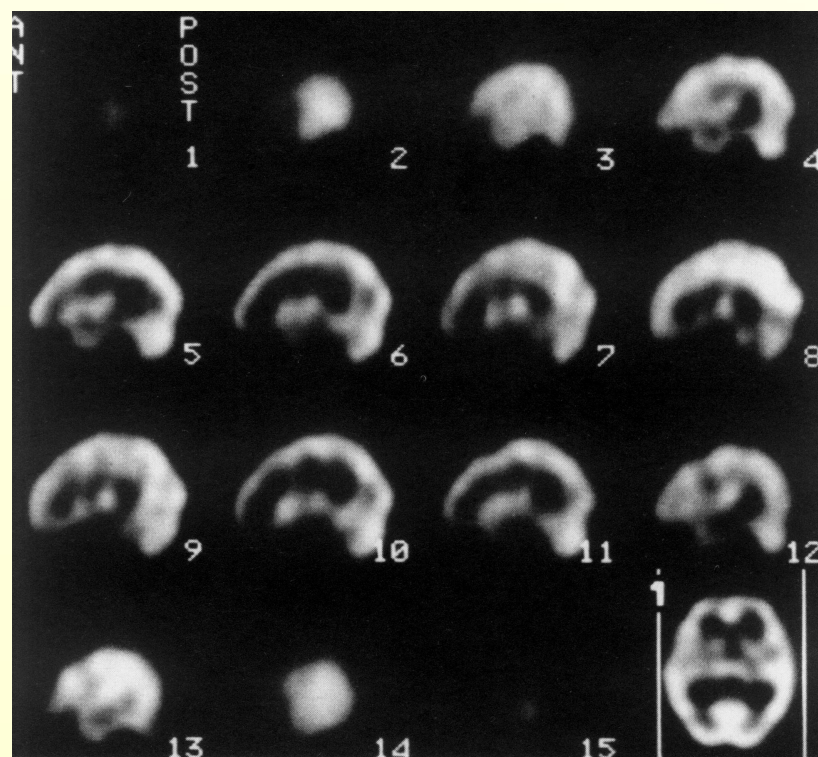
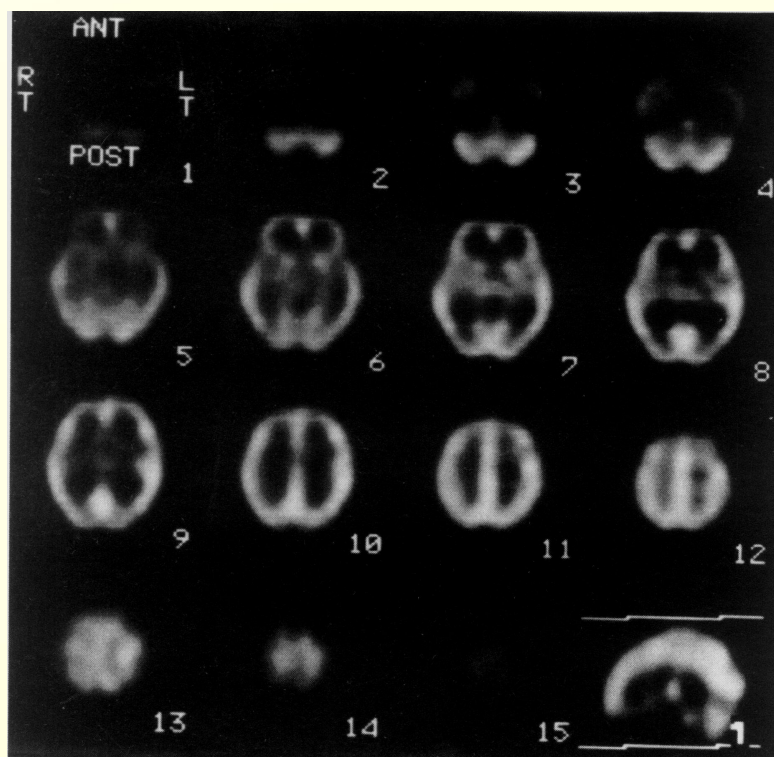
矢状面

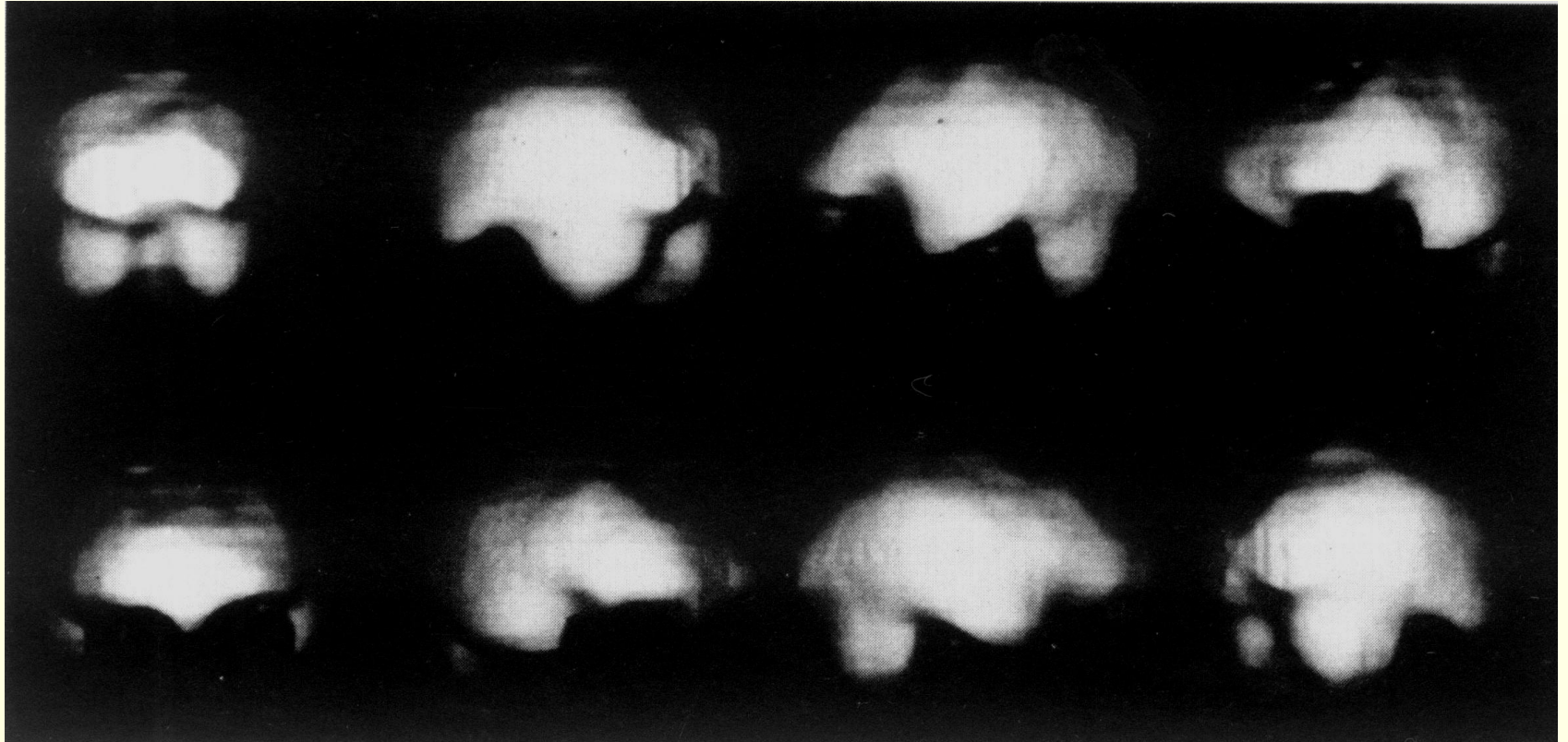




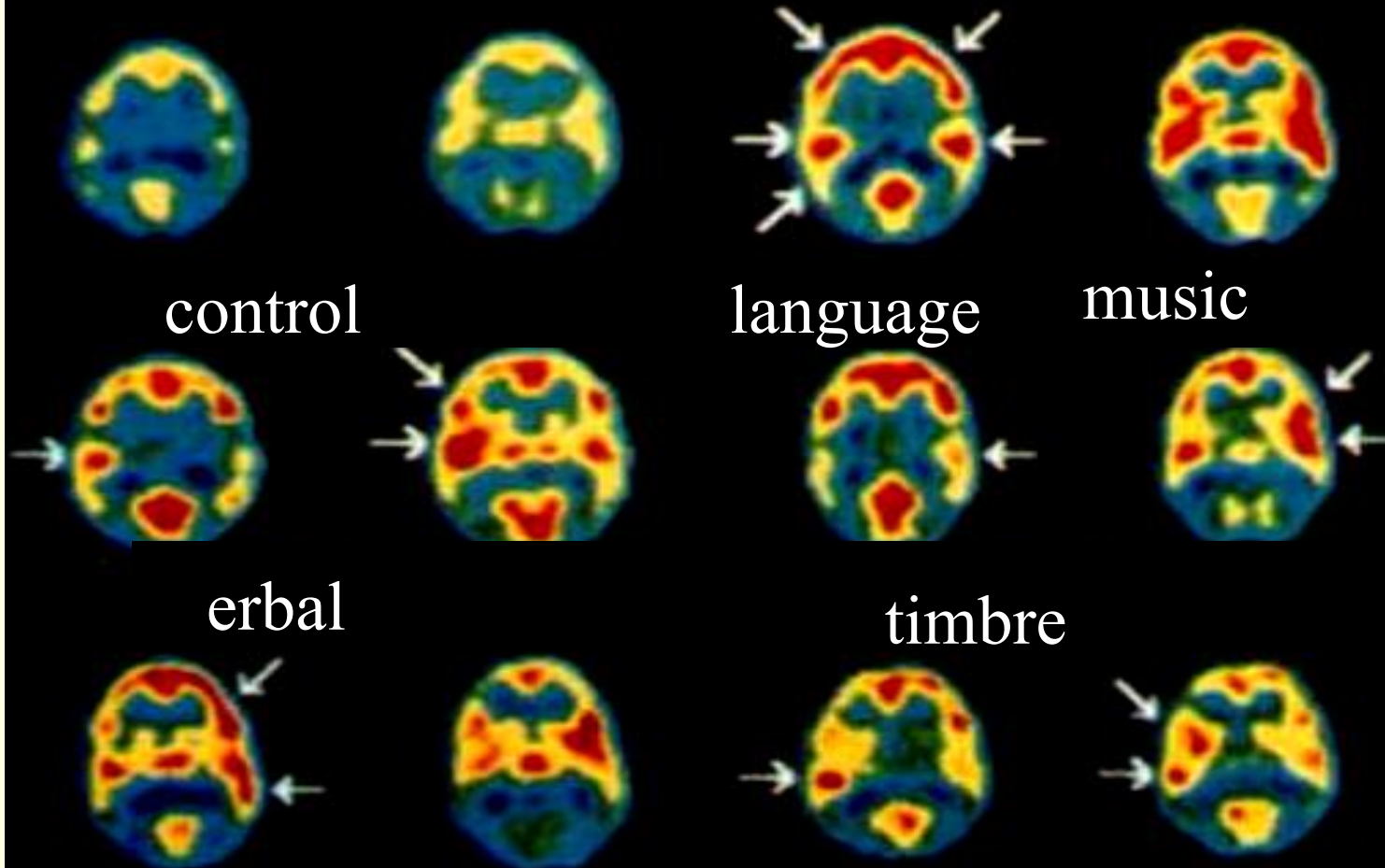
正常脑血流灌注图像







AUDITORY SYSTEM



脑功能断层显像

5.异常影像的类型

- ❖ **局限性放射性分布减低或缺损**：脑皮质和脑内灰质核团有单处或多处局限性放射性分布减低或缺损区，呈类圆形、椭圆形和不规则形等。

- 原因很多：缺血性脑血管病、脑出血、脑脓肿、癫痫发作间期和偏头痛等**缺血性、功能性和占位性**脑病皆可出现。



脑功能断层显像

5.异常影像的类型

- ❖ **局限性放射性浓集或增高：**脑皮质和脑内灰质核团有单处或几处局限性放射性浓集或增高，多数呈点灶状、团块状，有的呈环行或新月形等。

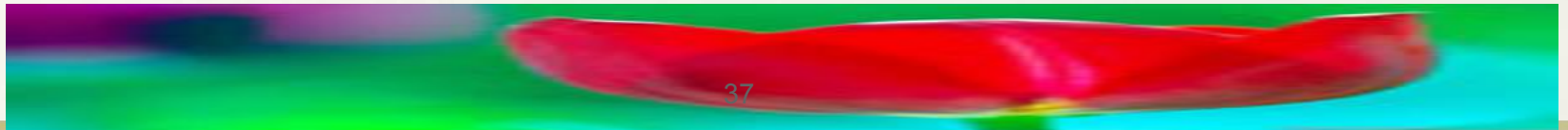


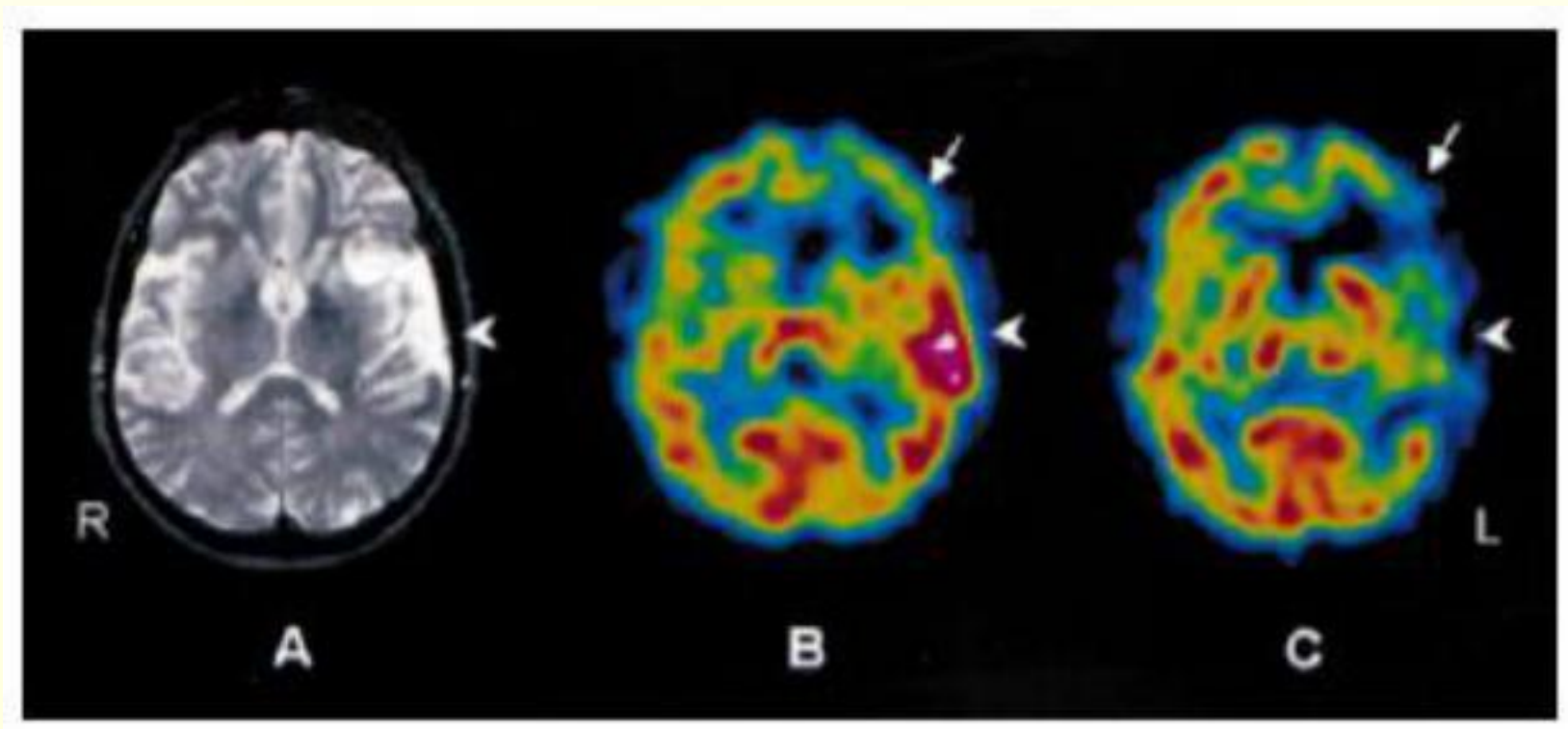
脑功能断层显像

5.异常影像的类型

❖ 局限性放射性浓集或增高：

- 癫痫发作期致痫灶可表现为放射性浓集。
- TIA、脑梗死亚急性期和慢性期的病灶周围可出现放射性浓集，称“过度灌注”（luxury perfusion）。
- 负荷试验时，亦见相应脑皮质和灰质核团放射性分布增高，表明该脑区对刺激的应答使rCBF灌注增加，脑细胞功能活动增高。





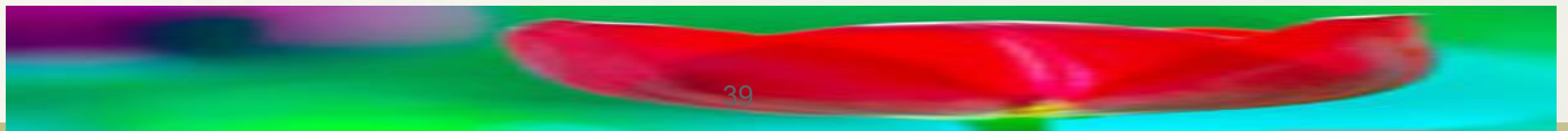
Luxury perfusion surrounding the infarcted area in the left temporal lobe

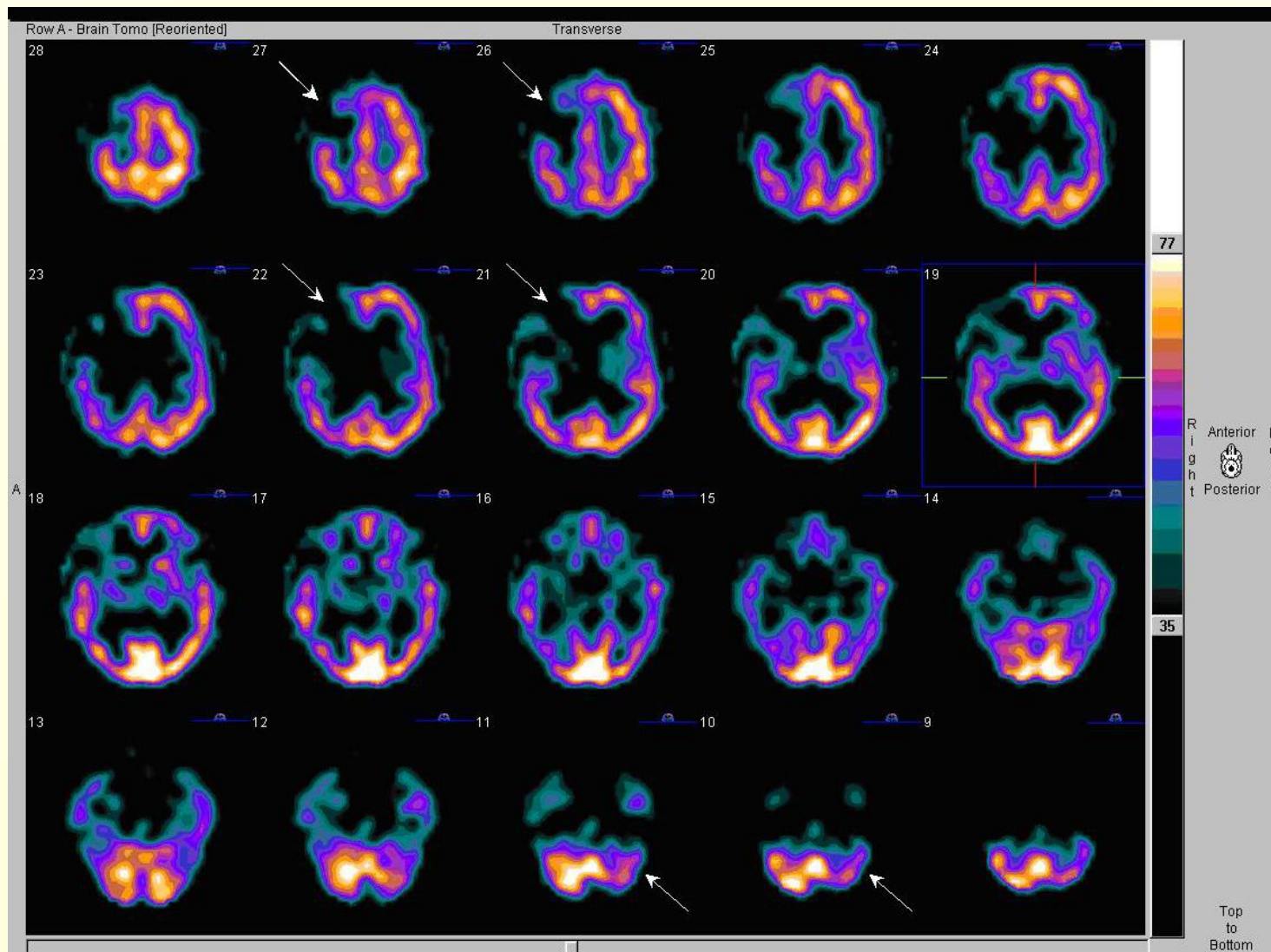


脑功能断层显像

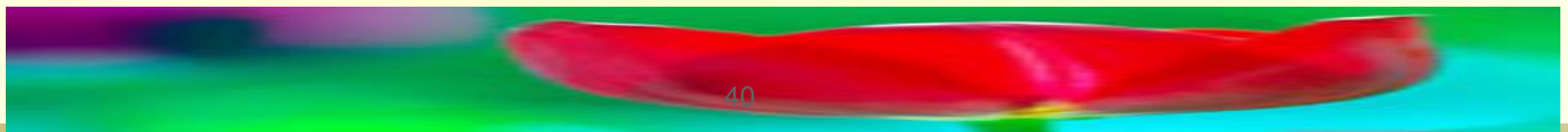
5.异常影像的类型

- ❖ **大小脑失联络现象**：一侧大脑皮质有局限性放射性分布减低或缺损，同时对侧小脑放射性分布亦见明显减低，称大小脑交叉失联络（crossed cerebella diastases）。多见于慢性脑血管病。





The image shows perfusion defect in the right frontal lobe and hypoperfusion in the left encephalon (crossed cerebella diastases)



脑功能断层显像

5.异常影像的类型

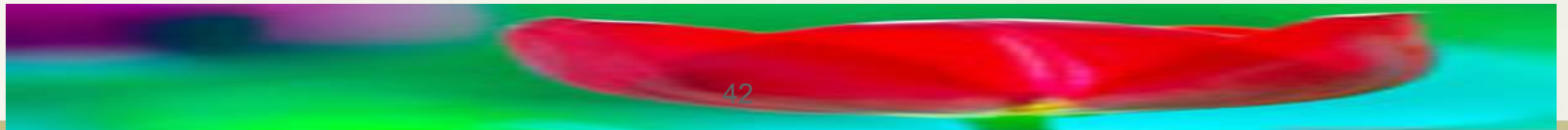
白质区扩大：脑梗死、脑出血和脑肿瘤等疾病，除可见局部明显的放射性分布减低或缺损外，有时可见白质区扩大，中线结构偏移，多不规则。这是由于局部病变造成周围组织缺血、水肿和受压所致。



脑功能断层显像

5.异常影像的类型

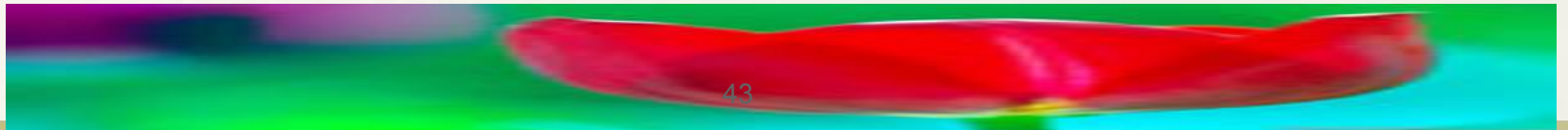
脑结构紊乱：表现为脑内放射性分布紊乱，无法识别原有结构。有时可见脑皮质周围有环形放射性分布，呈花边状。多见于脑挫伤。



脑功能断层显像

5.异常影像的类型

异位放射性浓集：正常脑结构以外部分的异常放射性的非生理性浓聚。主要分布于鼻腔、侧脑室、头皮或颅骨内，往往系脑挫伤伴脑脊液漏、硬膜下血肿、蛛网膜下腔出血等疾病引起。



脑功能断层显像

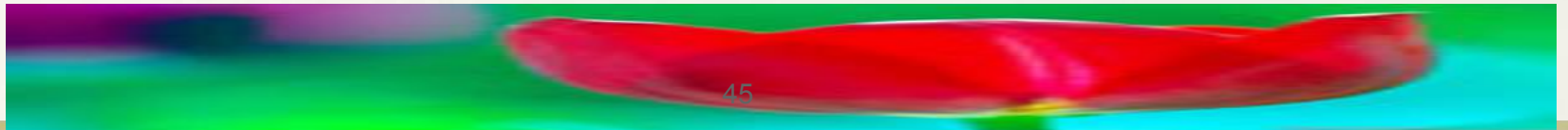
5.异常影像的类型

脑萎缩：皮质变薄，药物分布呈弥漫性稀疏、减低，脑室和白质相对扩大，脑内容量减少。伴脑裂增宽，脑内灰质核团变小，核团间距离加宽。常见于脑萎缩症、抑郁症晚期、Alzheimer病等各型痴呆。

脑功能断层显像

5.异常影像的类型

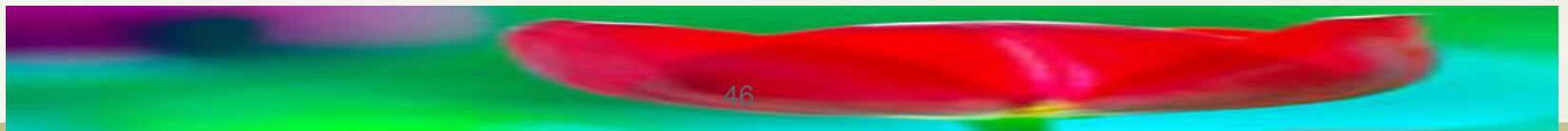
脑内放射性分布不对称：一侧放射性明显高于或低于对侧，如舞蹈病、Parkinson病时，一侧基底节可明显低于对侧基底节。



临床应用价值

1、短暂性脑缺血发作（transient ischemic attack, TIA）和可逆性缺血性脑病（reversible ischemic neurological deficit, RIND）：

- ❖ TIA→发作时rCBF降低；
- ❖ RIND→多部位rCBF降低，可用药物介入提高检出率



临床应用价值

- * 一般认为皮质rCBF低于 $23\text{ml}/(100\text{g}/\text{min})$ 时，才会出现临床症状。
- * CT/MRI检查结果多为阴性
- * rCBF显像可以发现50%左右的病灶

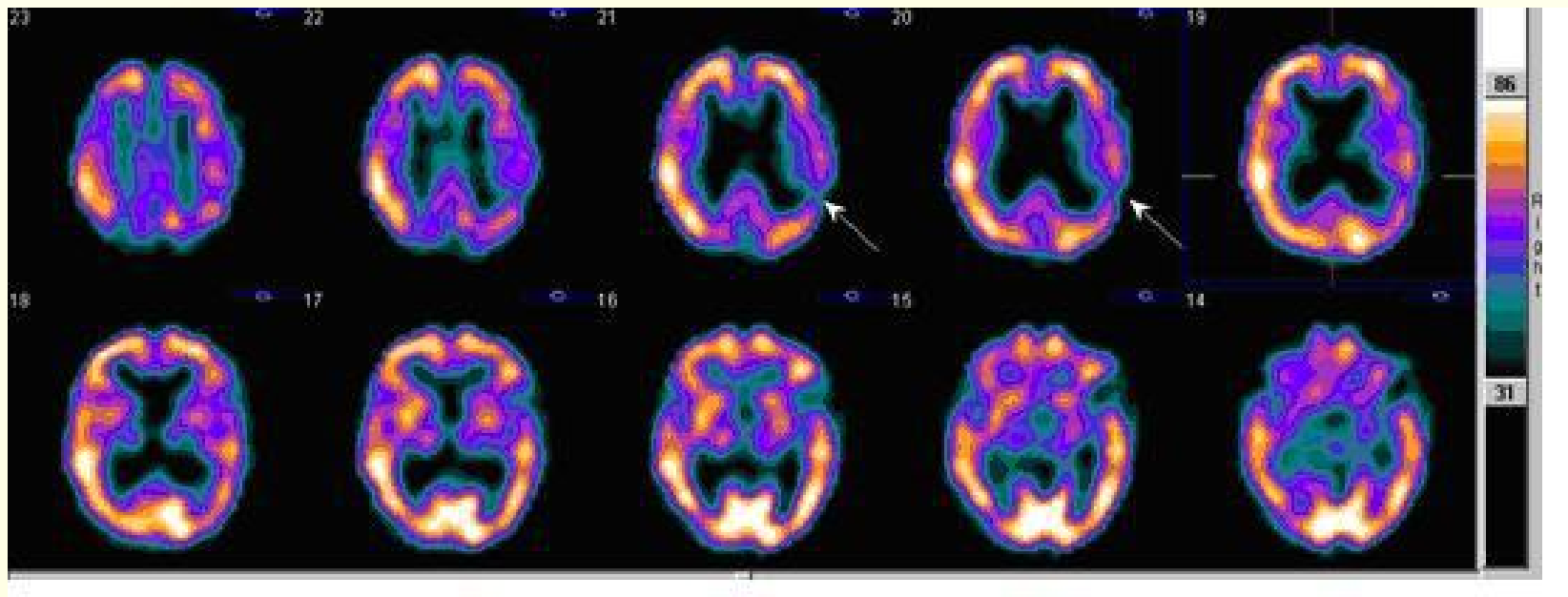


临床应用价值

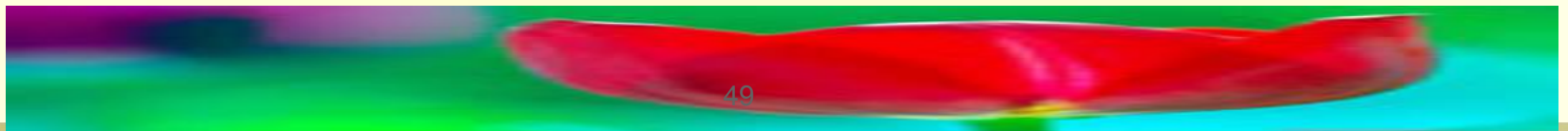
介入实验：

- **CO₂、Diamox、双嘧达莫、直立体位等药物或方法可以显著提高检测结果的敏感性，有助于慢性低灌注状态病灶的检出阳性率**





The image shows hypoperfusion in the left parietal lobe of a patient with TIA



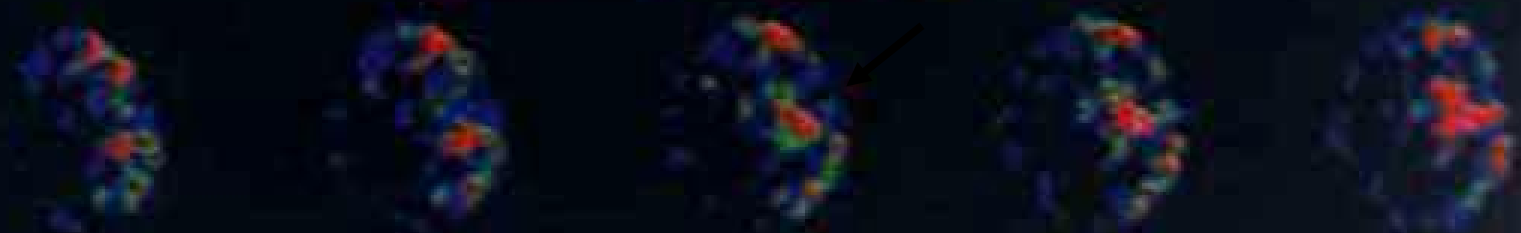
Baseline Tc-HMPAO



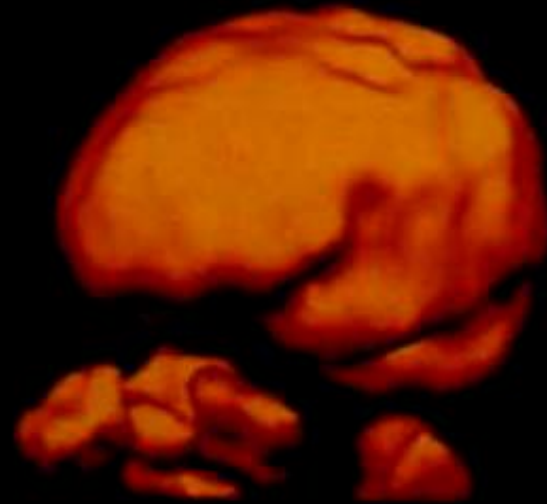
Diamox IMP



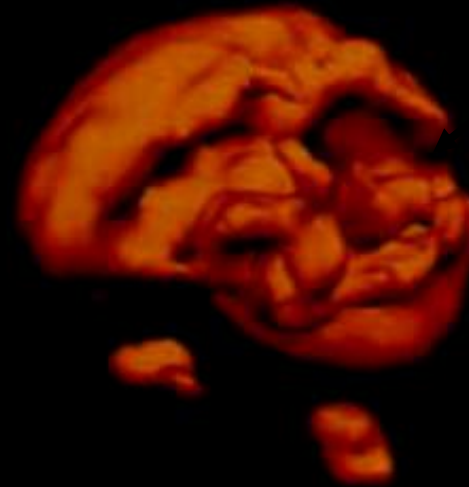
Normalized Baseline - Diamox

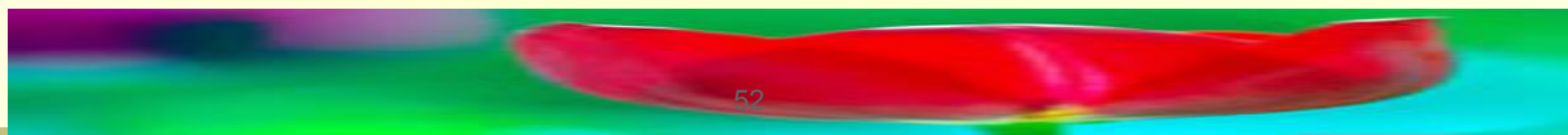
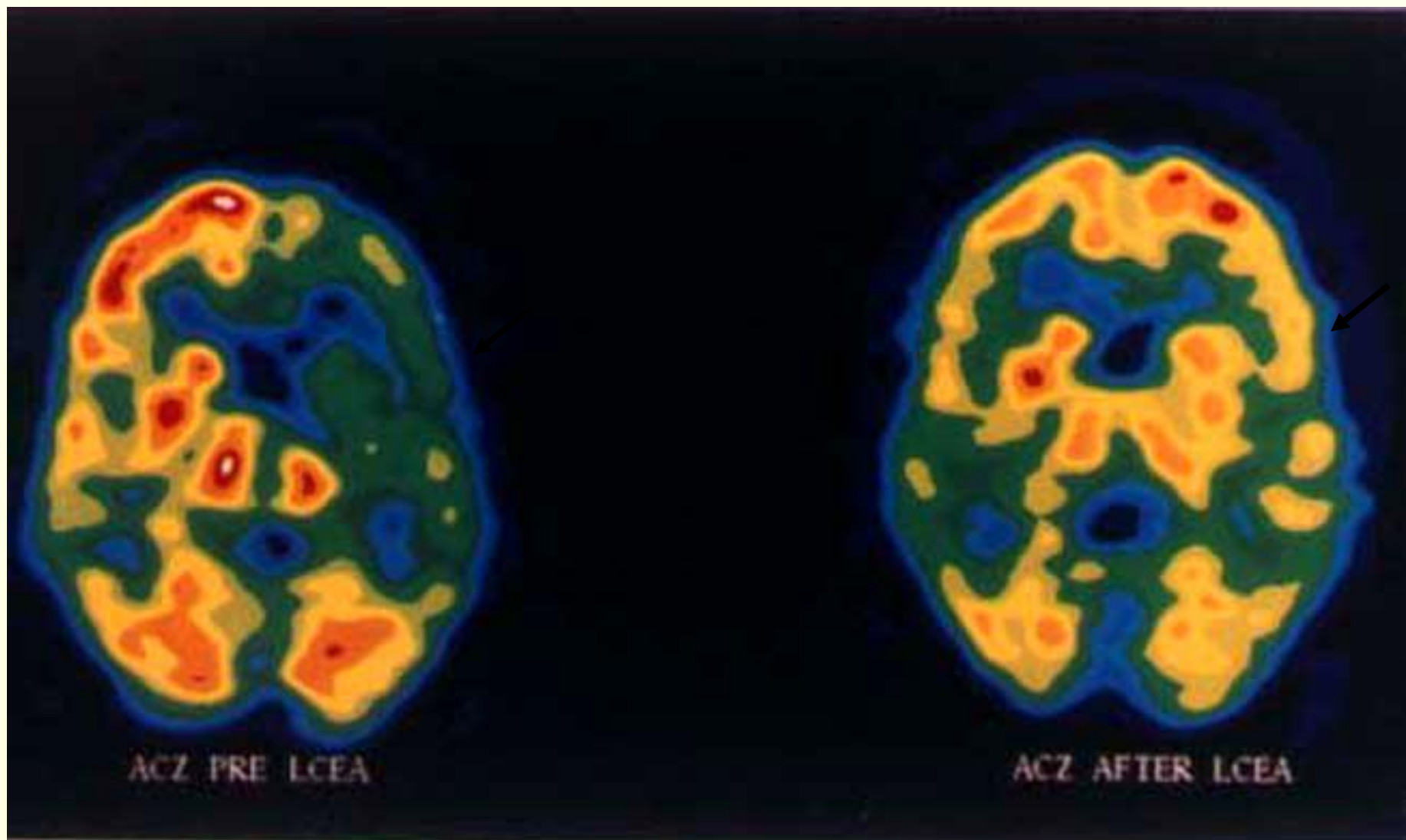


Baseline Tc-HMPAO



Diamox IMP

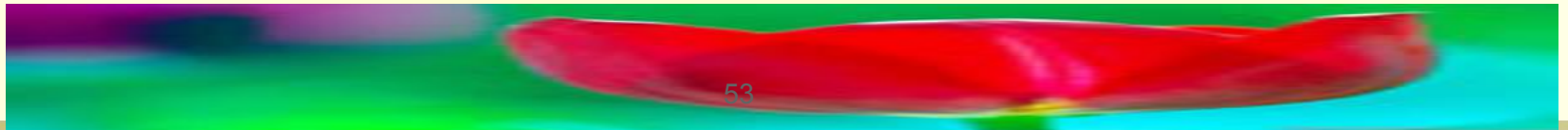




临床应用价值

2、癫痫：

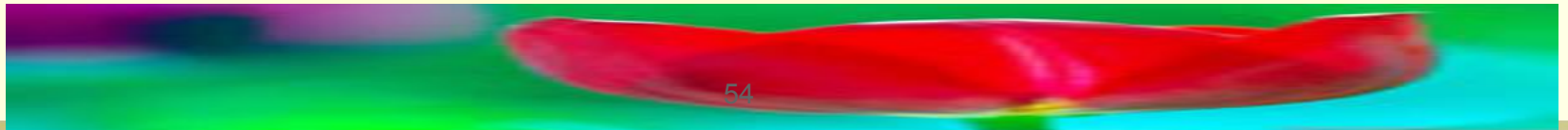
- 间歇期：rCBF降低，可出现同侧基底节和丘脑放射性的减低、双侧小脑或对侧小脑放射性减低；
- 发作期：rCBF增高，间期放射性摄取减低区呈现放射性摄取的增高，将提示此为致痫病灶；
- 可进行诱发试验，如药物、睡眠、颅磁刺激等。

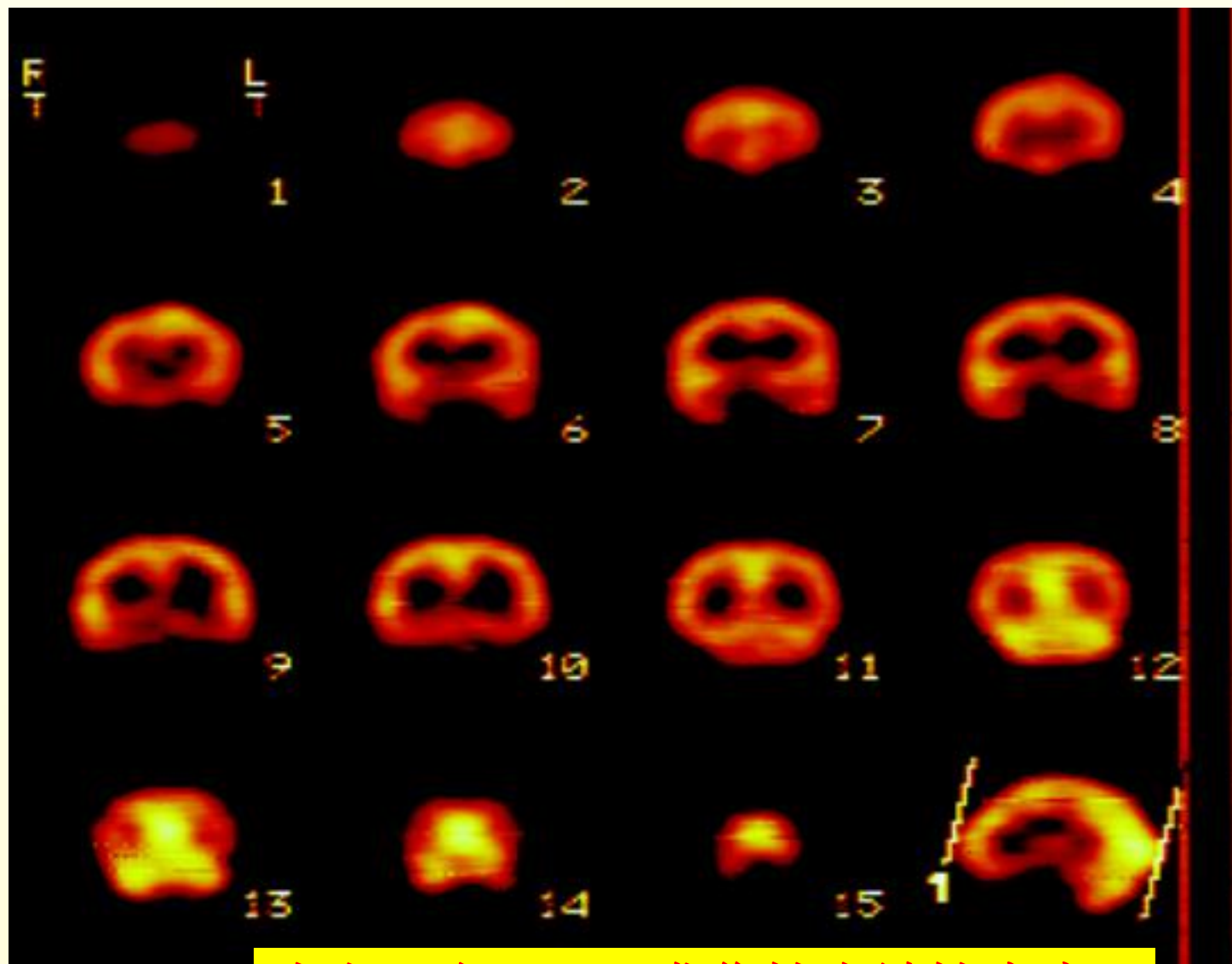


临床应用价值

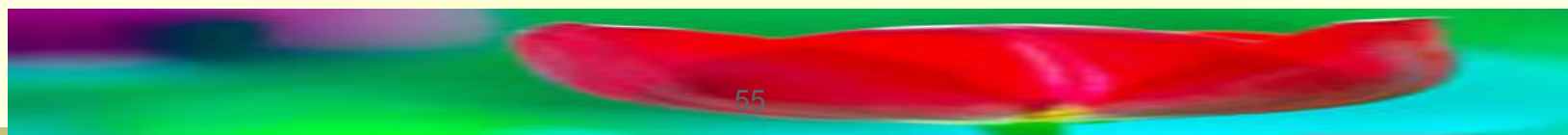
2、癫痫：

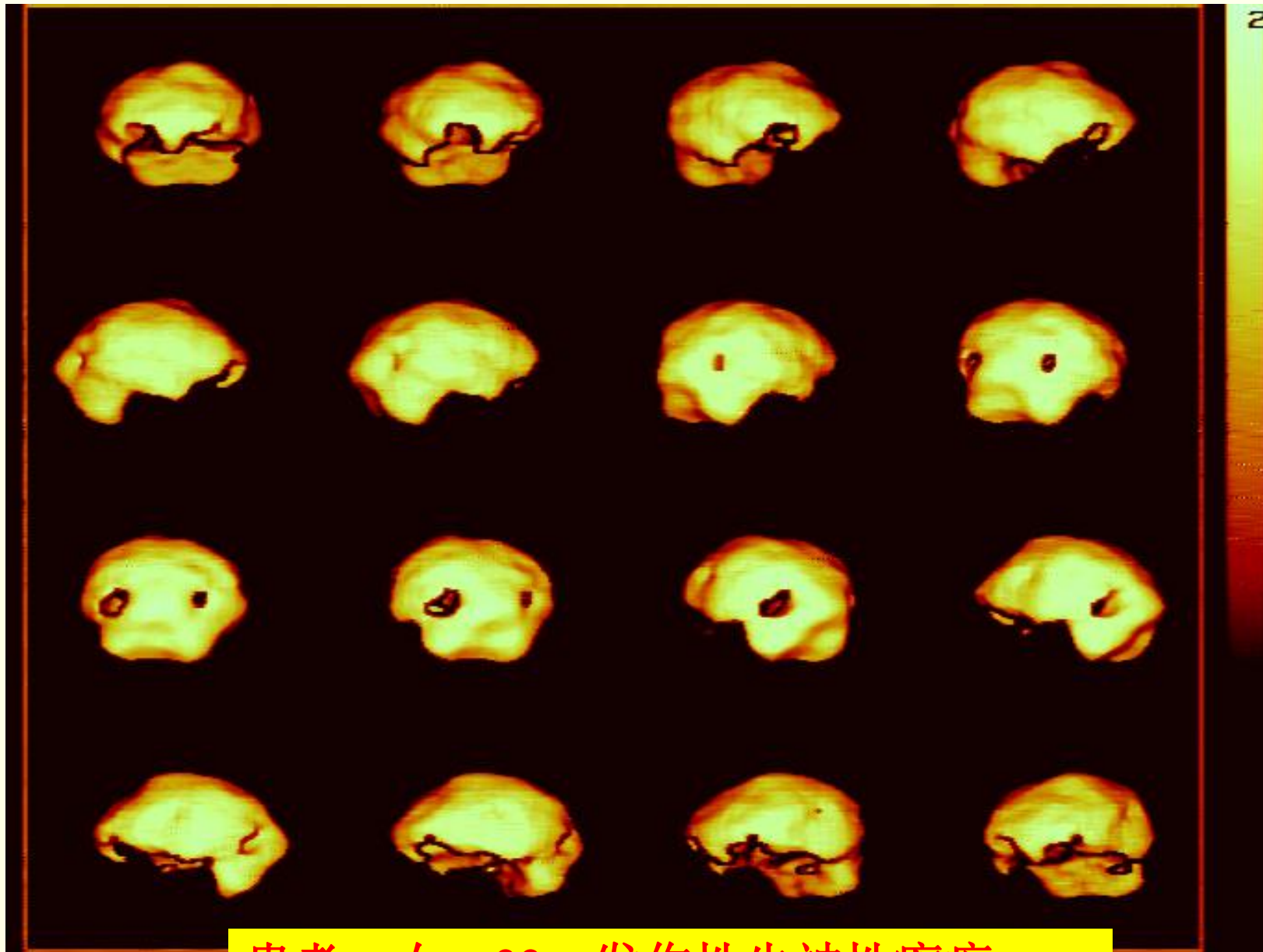
- 脑电图检查诊断阳性率可达85%，但在定位诊断方面价值有限；
- CT和MRI阳检率分别为30%~50%和50%~70%；
- rCBF检出率可达70%~80%。



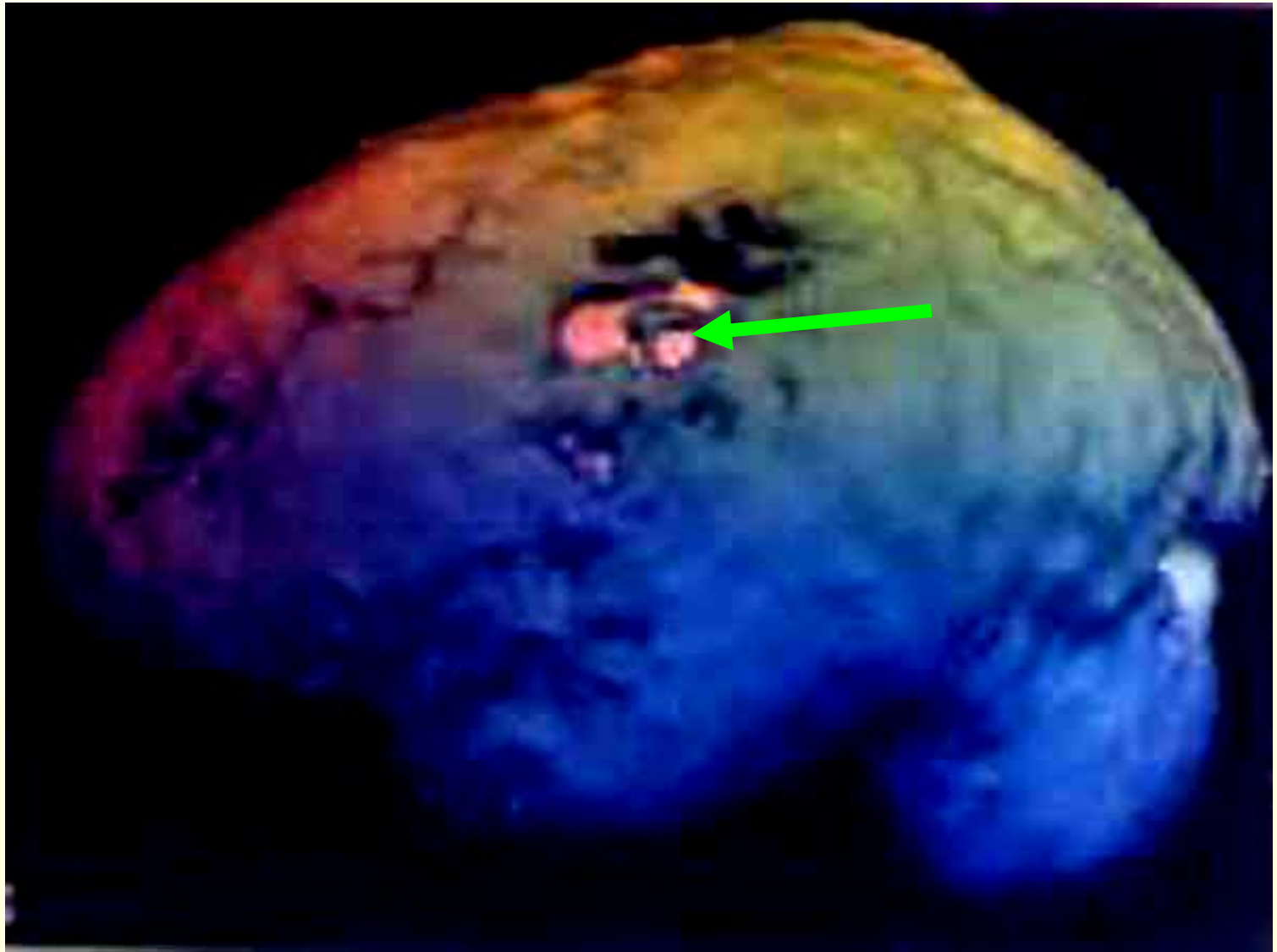


患者，女，20，发作性失神性癫痫

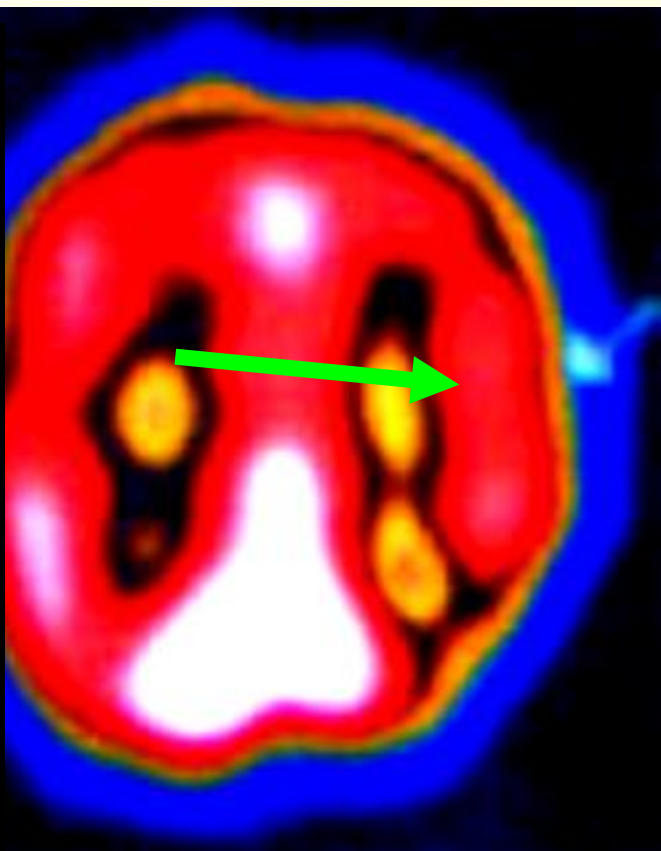




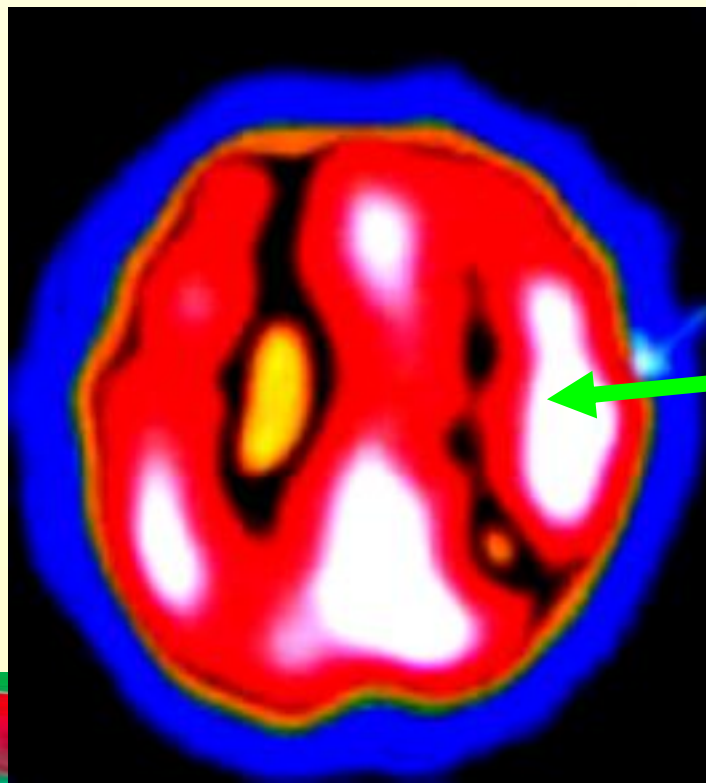
患者，女，22，发作性失神性癫痫



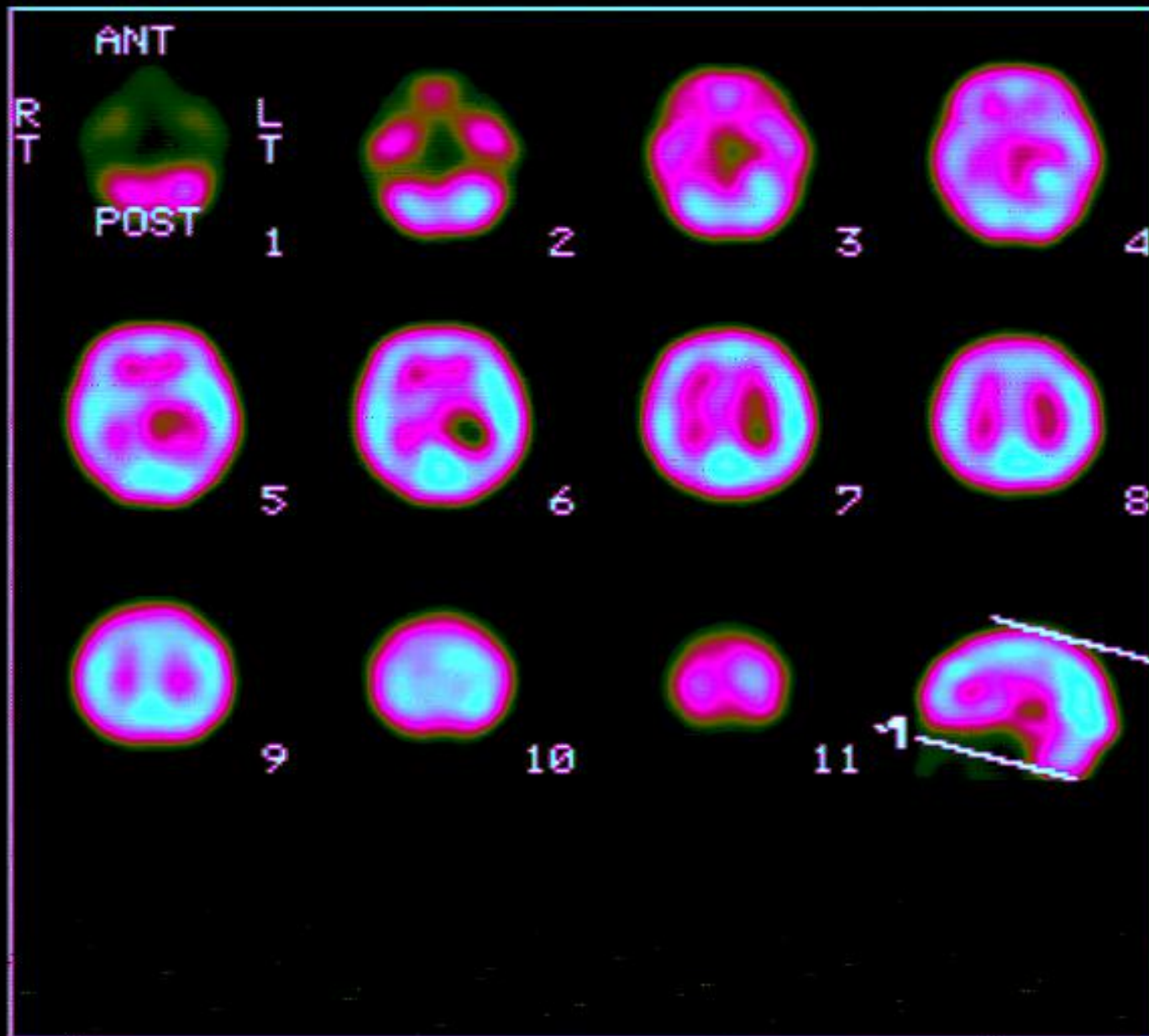
癫痫发作间期的低灌注



癫痫发作期的高灌注

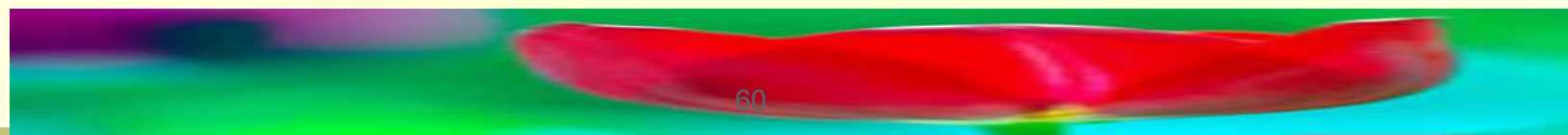
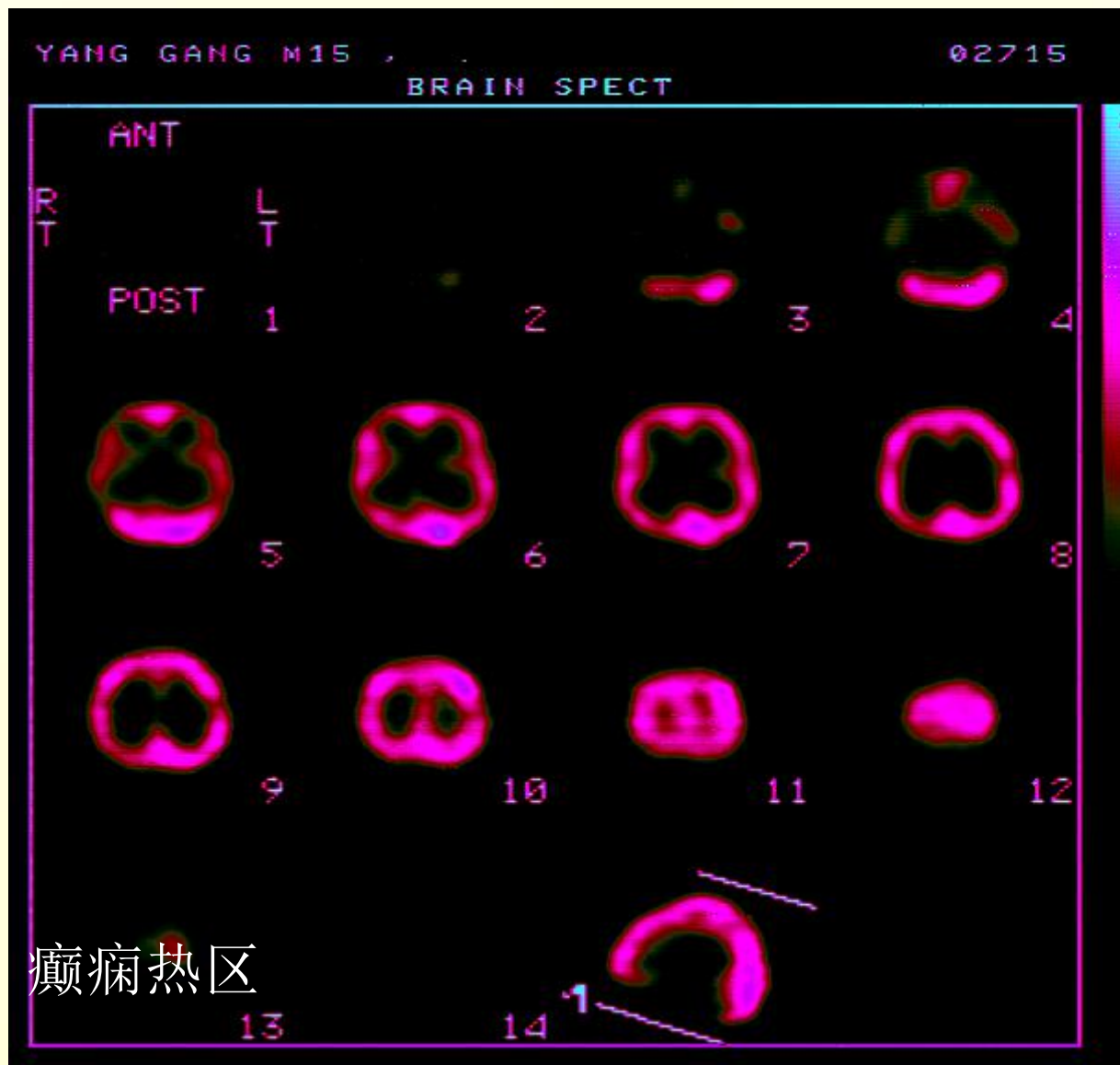


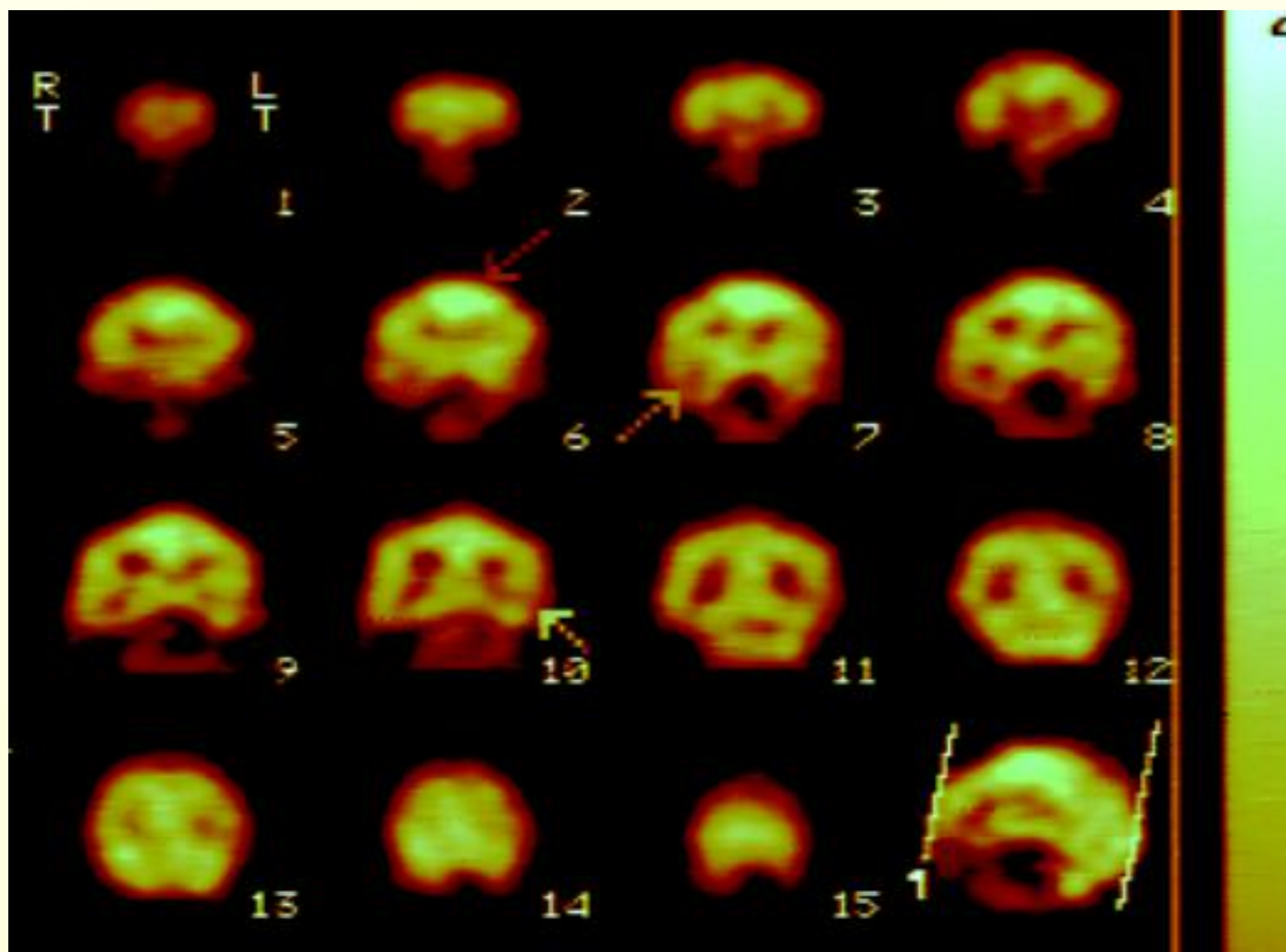
BRAIN SPECT



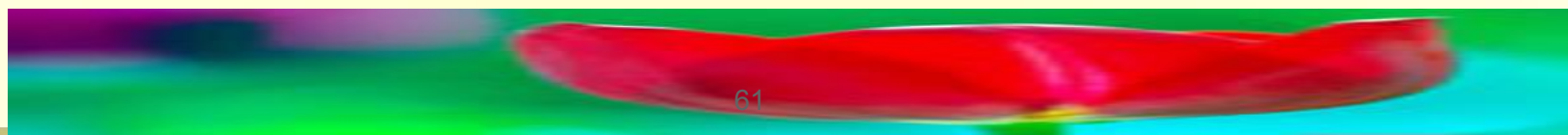
癫痫热区

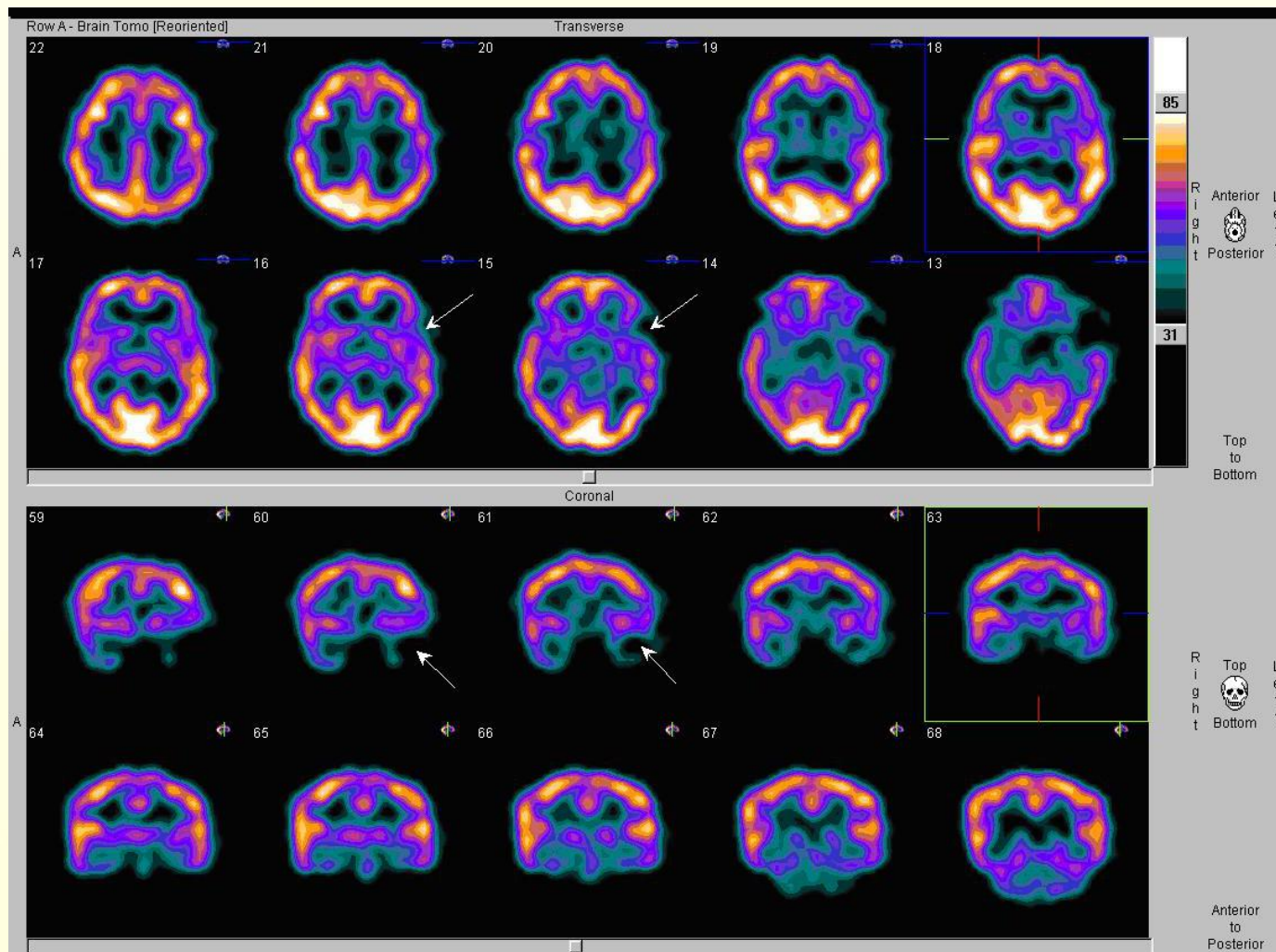






患者，男，36，发作性失神性癫痫





Interictal SPECT image shows hypoperfusion in the left temporal lobe



临床应用价值

3、脑梗塞：

- ❖ 48H内rCBF降低
- ❖ 交叉性大小脑失联络
- ❖ 少数病例过度灌注征象
- ❖ 判定预后和选择治疗方式

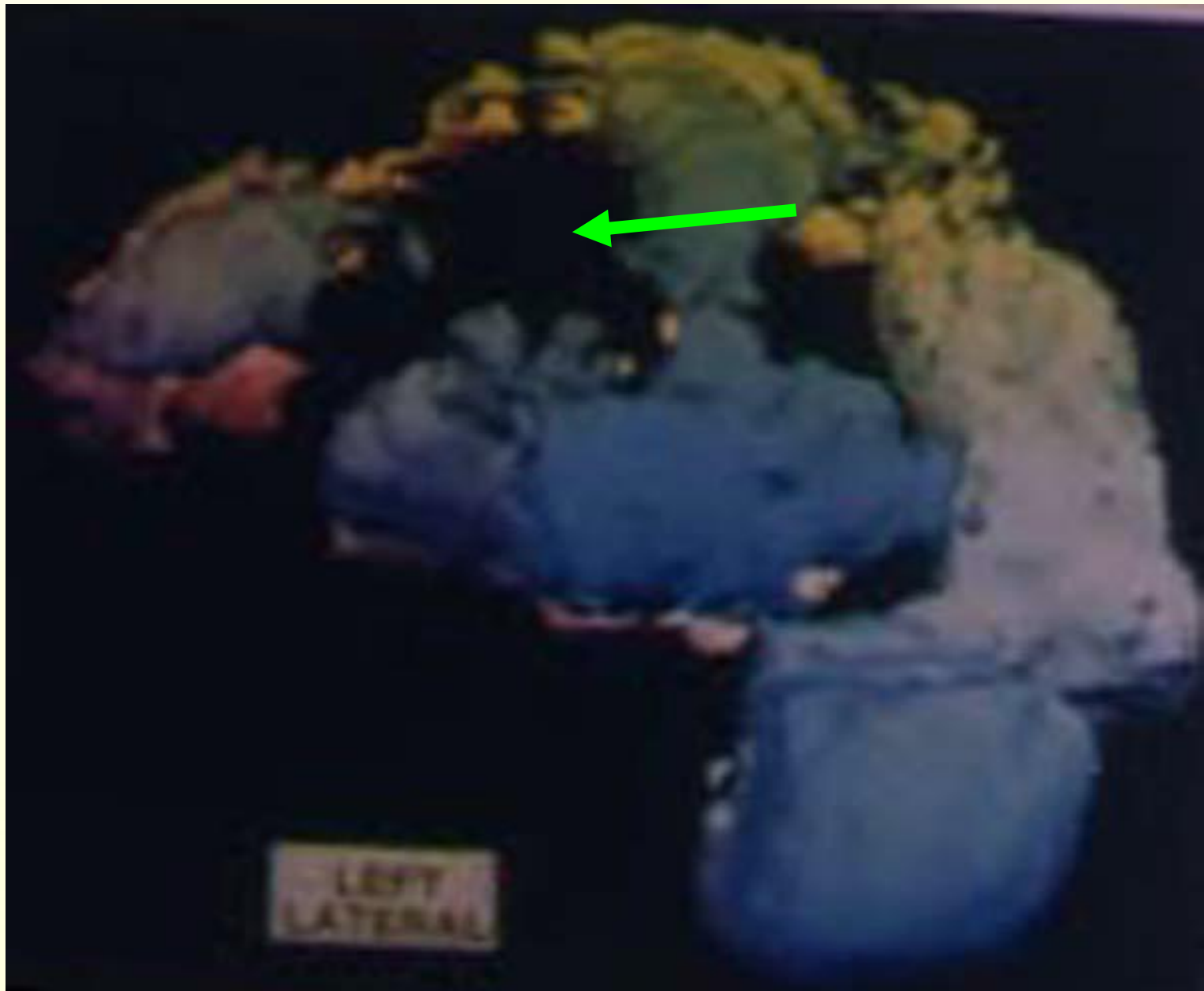


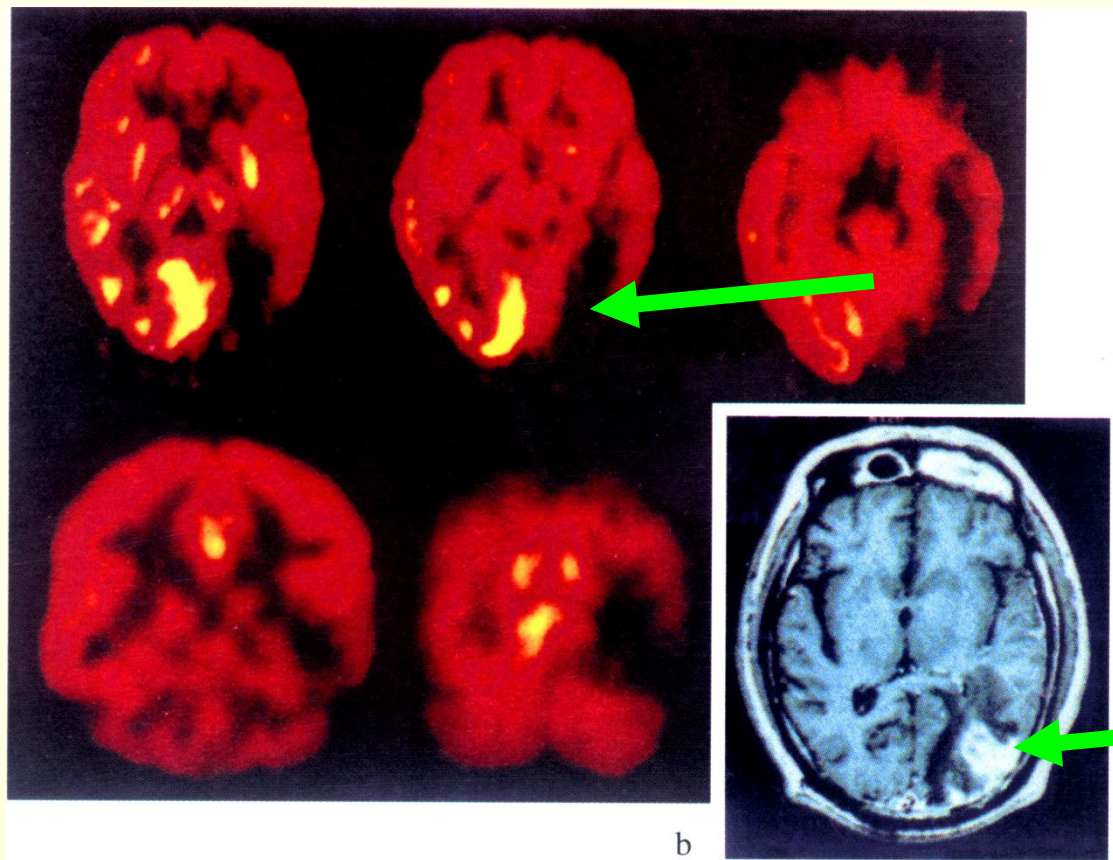
临床应用价值

3、脑梗塞：

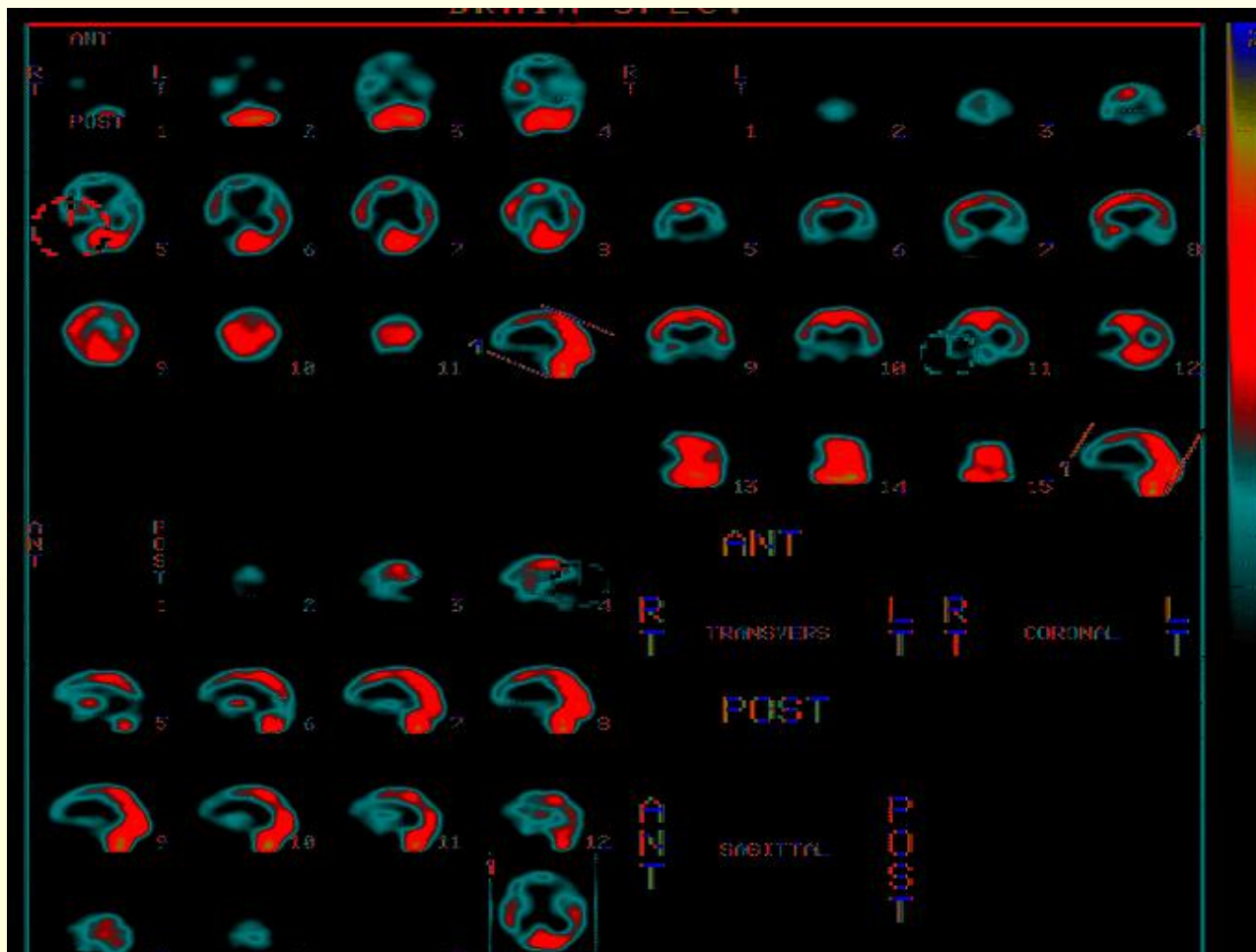
❖ 脑梗死区域在rCBF断层显像中减低或缺损区显示的病变范围要大于CT和MRI，因为脑梗死SPECT所显示的放射性减低区包括梗死组织、梗死区外的缺血区组织和失联络症的低代谢组织。



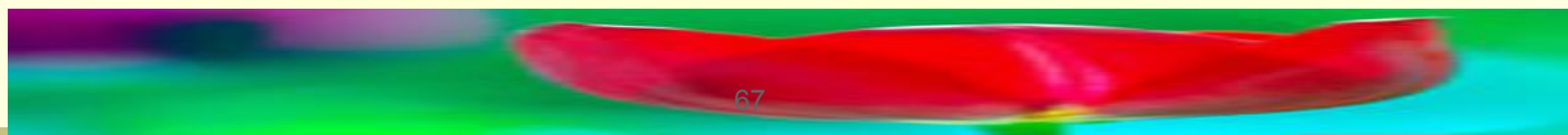


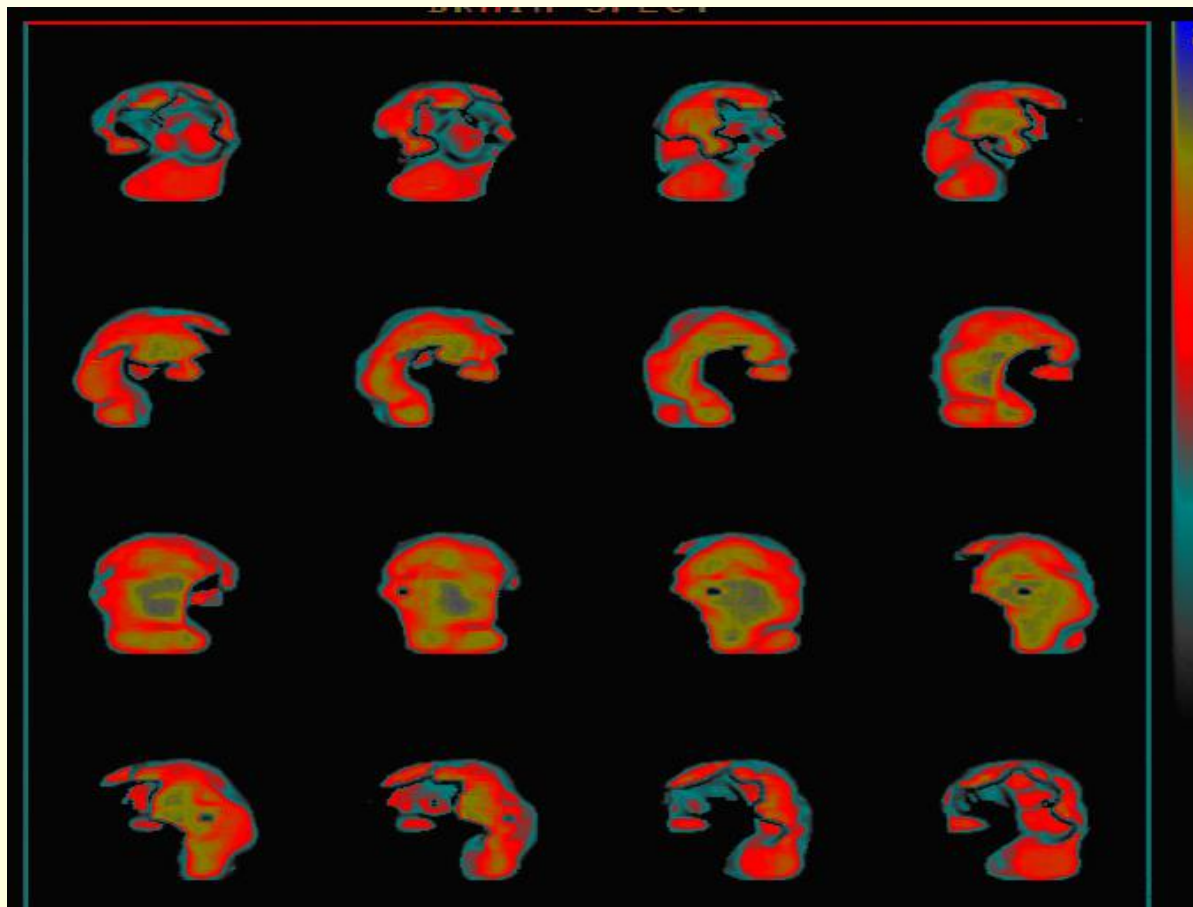


大脑后动脉出血。男，62岁，一年前左大脑后动脉出血。
a. ^{18}F -FDG PET 脑显像：上行，横断层；下行，冠状断层，左枕叶外侧代谢缺损，内侧视皮层区、左颞叶及左丘脑代谢减低，符合左大脑后动脉供血区不可逆损伤。b. 相应层面 MRI 图像

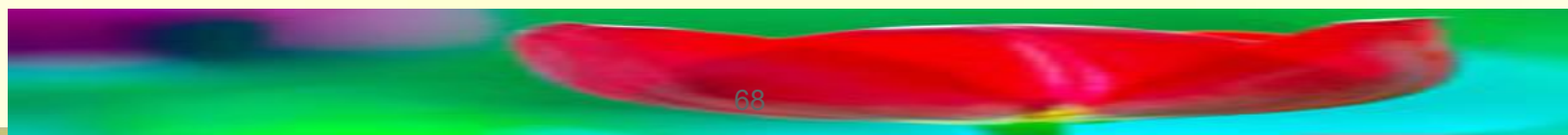


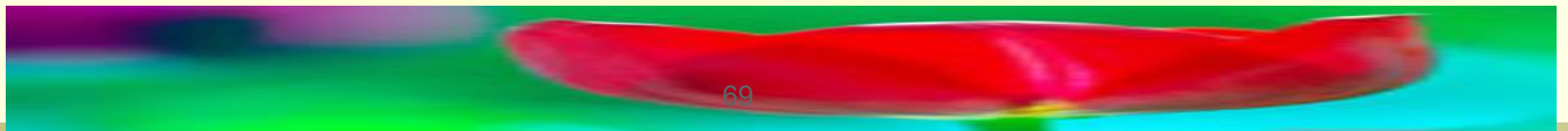
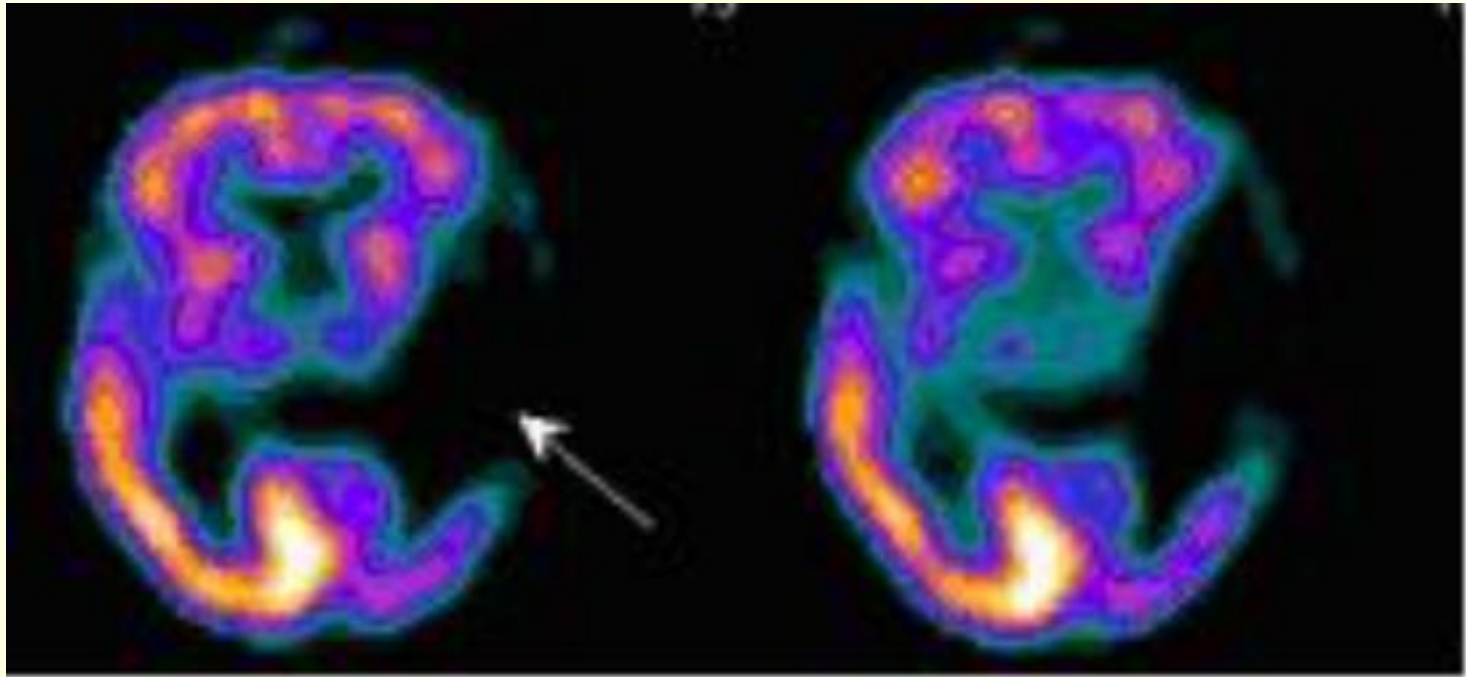
多发性脑梗塞





多发性脑梗塞



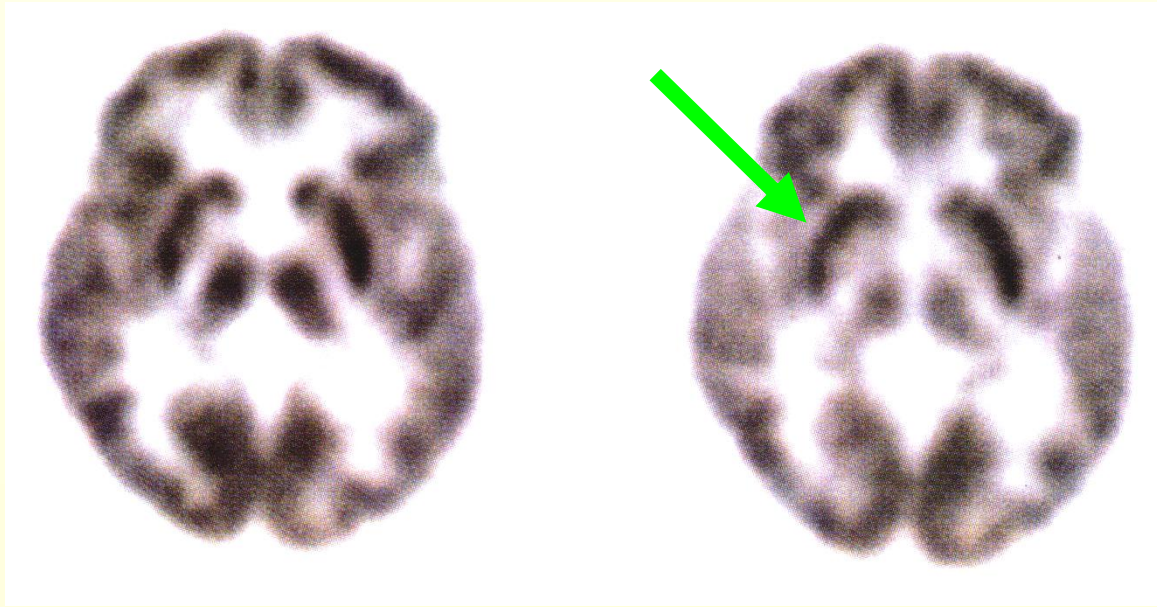


临床应用价值

4、Parkinson病:

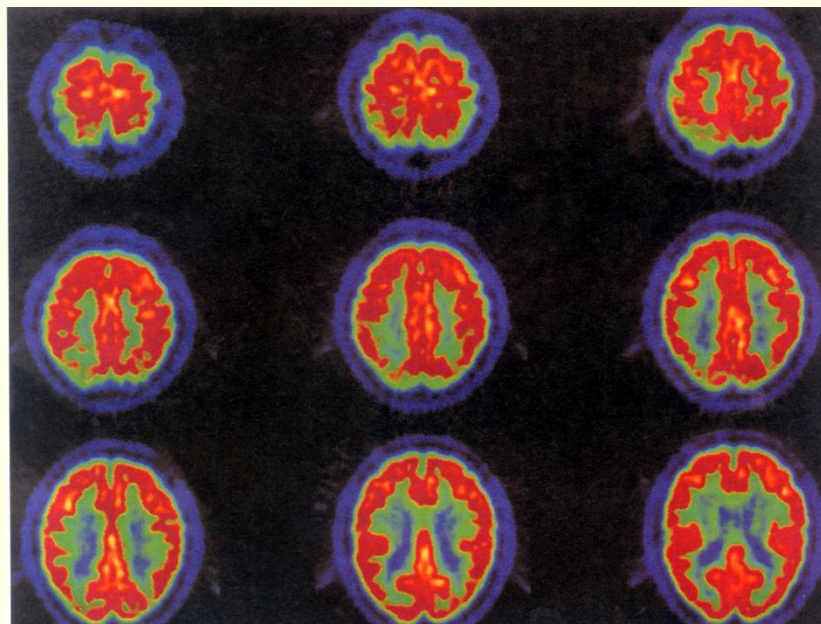
- ❖ 两侧基底核包括尾状核头部和邻近区rCBF降低;
- ❖ 代谢显像提示纹状体、丘脑神经核团葡萄糖摄取减低, 病变早期对侧豆状核氧代谢和葡萄糖代谢相对增高;
- ❖ 多巴胺受体显像可准确定位和定性。





帕金森病。男，65岁，患PD多年。 ^{18}F -FDG PET脑显像：基底节横断层，示双侧颞叶外侧及右侧基底节代谢减低，符合PD表现。





a

b

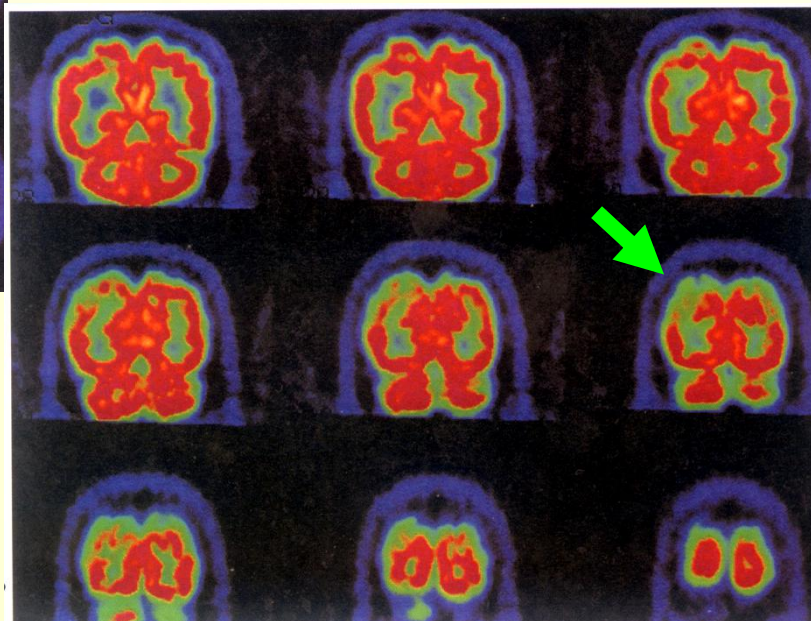


图 8-1-36 帕金森病。男，73 岁，PD 病史 5 年。 ^{18}F -FDG PET 脑显像：a. 横断层；b. 冠状断层，示双侧顶、枕区代谢减低，大脑皮层普遍较薄，脑室扩大，符合 PD 并有脑萎缩

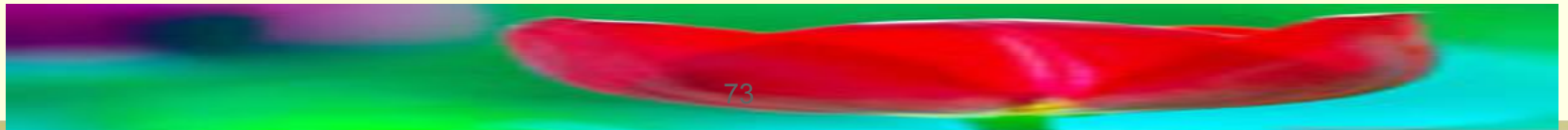


临床应用价值

5、Alzheimer病

❖ 早老性痴呆

- 对称性颞区及颞顶部rCBF降低
- 一般不累及基底节和小脑，脑血流减低的程度、范围与AD的病情严重程度相关。



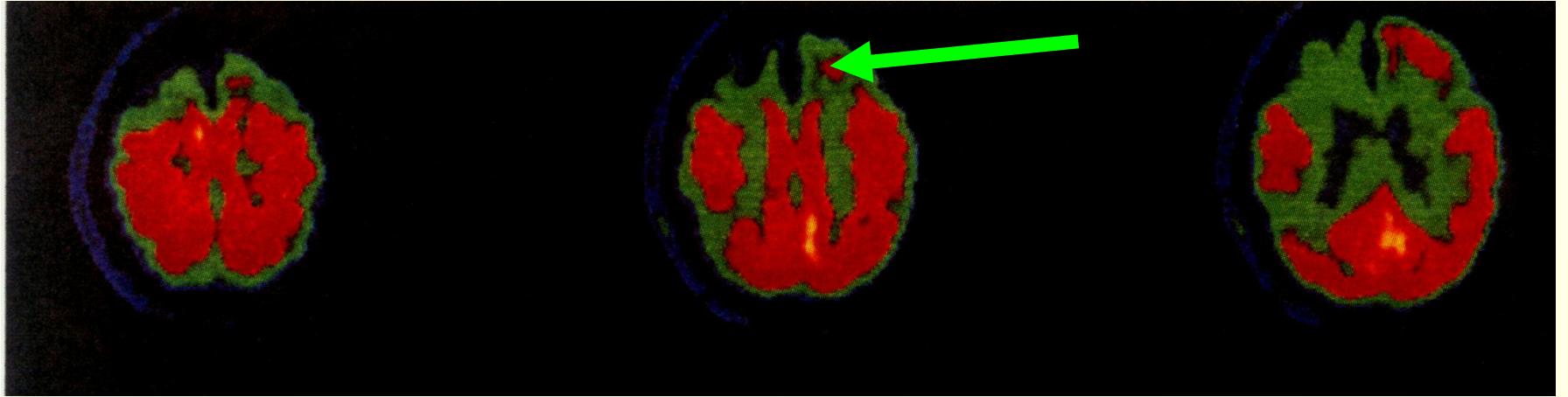
临床应用价值

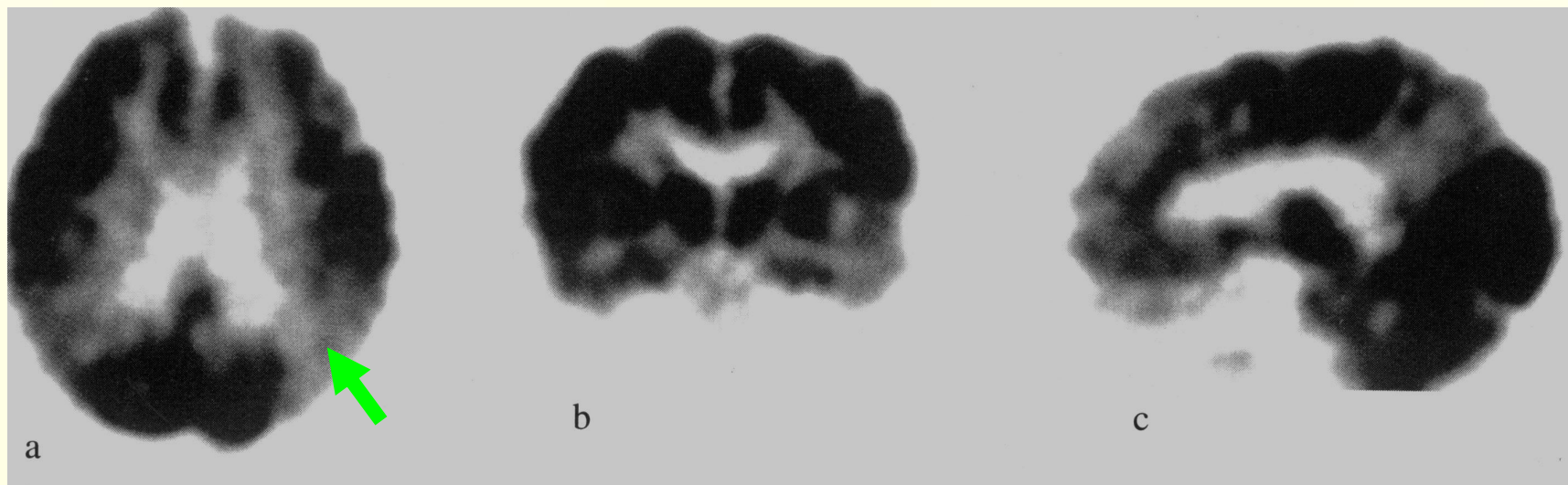
5、Alzheimer病

❖ 多发性脑梗塞性痴呆

➤ 散发于大脑各叶皮质的多个rCBF降低区







AD 痴呆。男，67 岁，记忆力下降 2 年余，计算障碍、生活动作困难半年，MMSE23。 ^{18}F -FDG PET 脑显像：a. 横断层；b. 冠状断层；c. 矢状断层，示双侧顶叶、颞叶及额叶前部皮层代谢减低，左侧较右侧明显



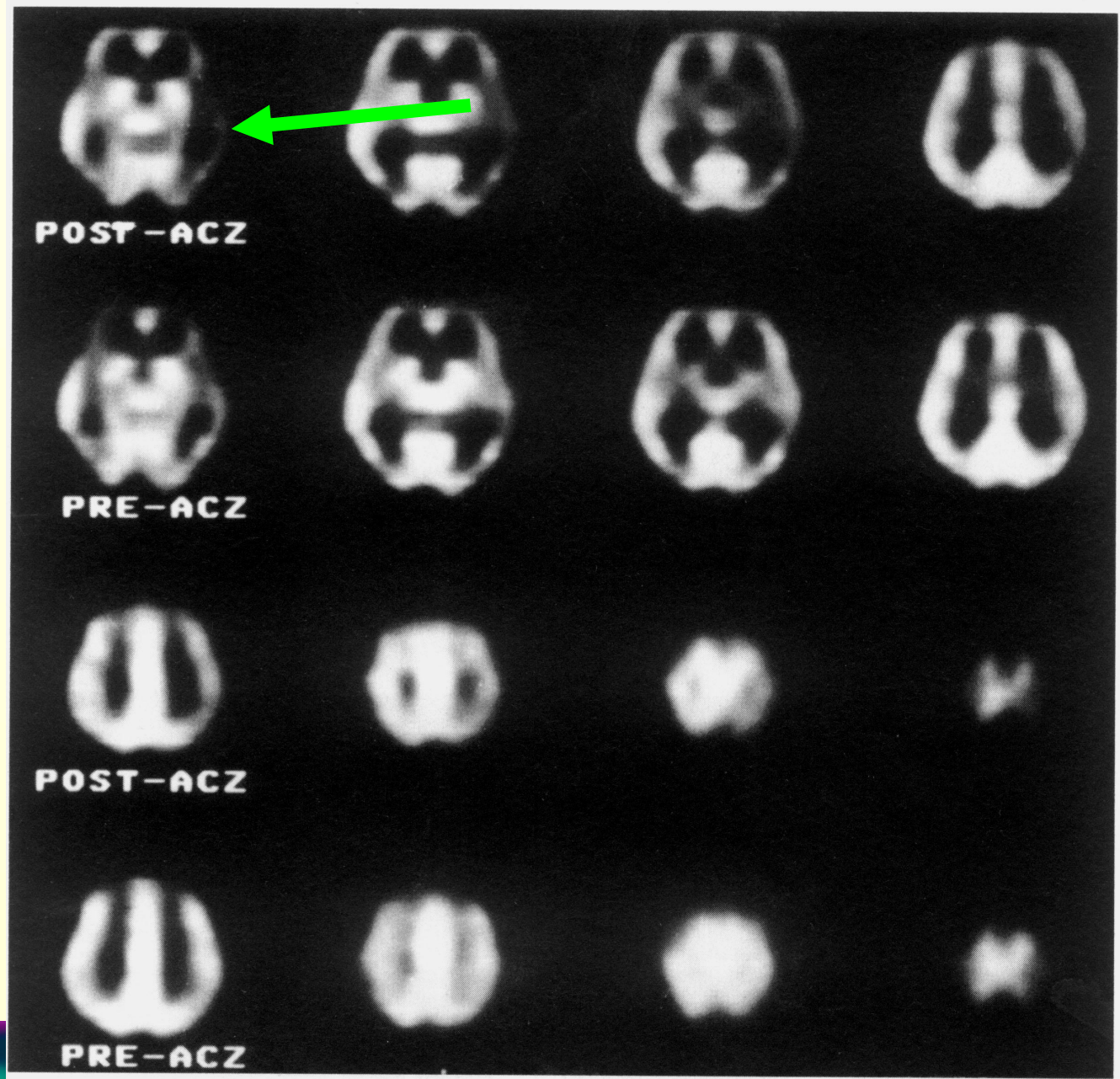
临床应用价值

6、偏头痛

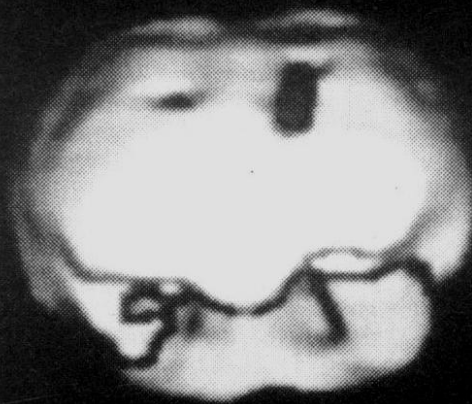
➤CT、MRI: (-)

➤SPECT: 发作时rCBF降低或增高

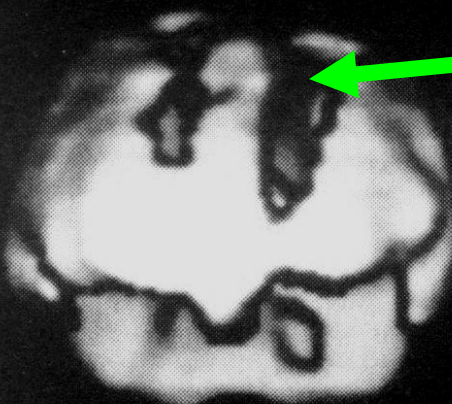




BASELINE



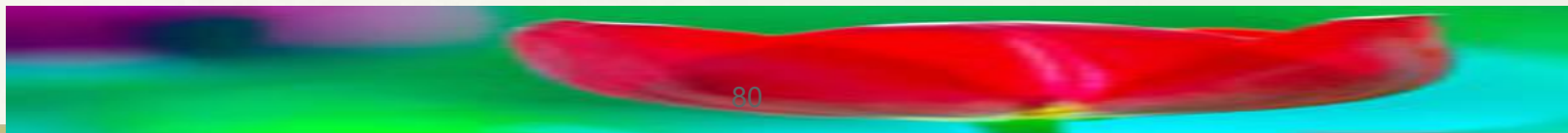
ACZ TEST

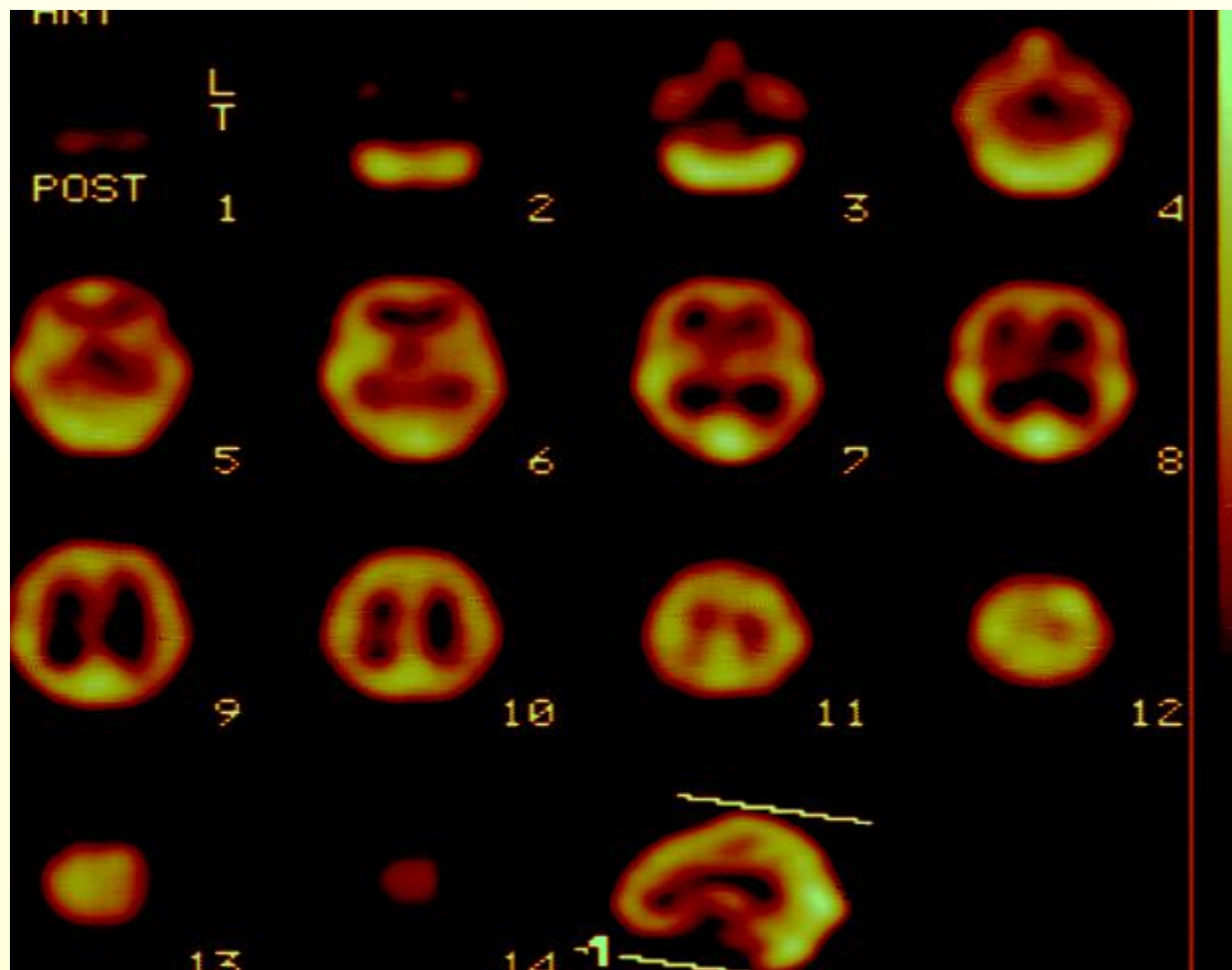


临床应用价值

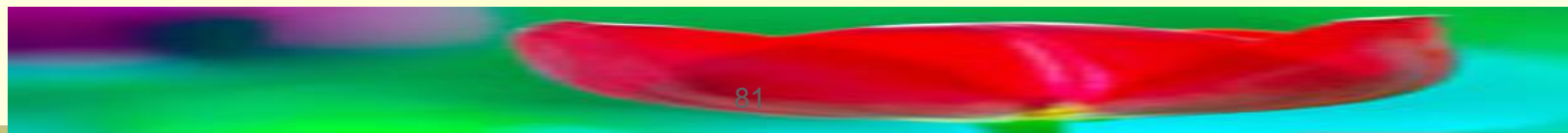
7、精神和情感障碍：

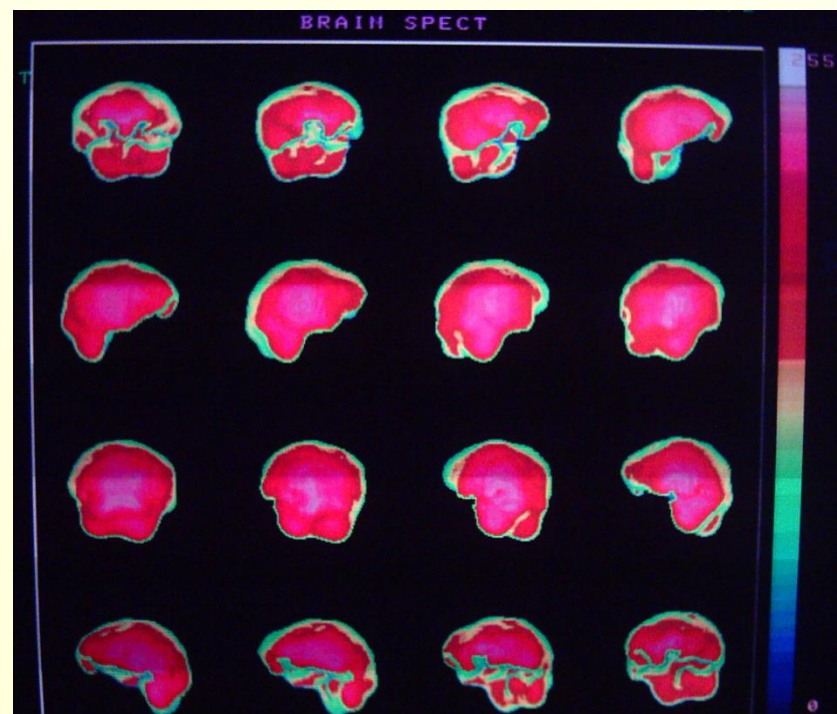
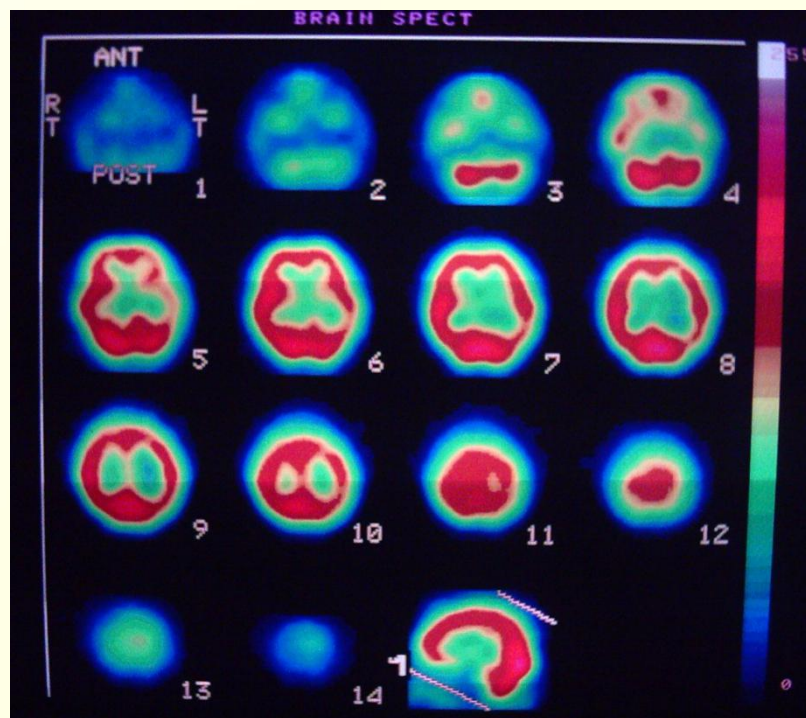
- ❖ 抑郁症→额叶rCBF降低，常伴脑萎缩
- ❖ 躁狂症→单或双侧额叶、基底节rCBF增高
- ❖ 听幻症→单或双侧颞叶rCBF降低



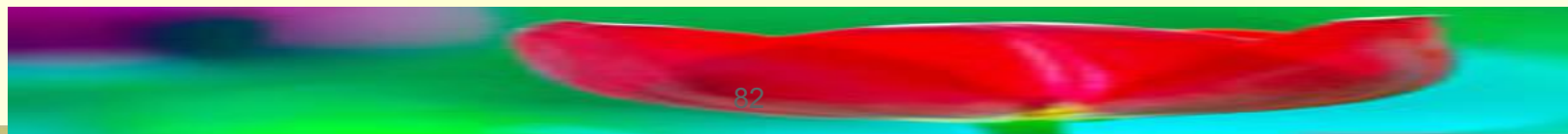


女，25，抑郁症





精神分裂症

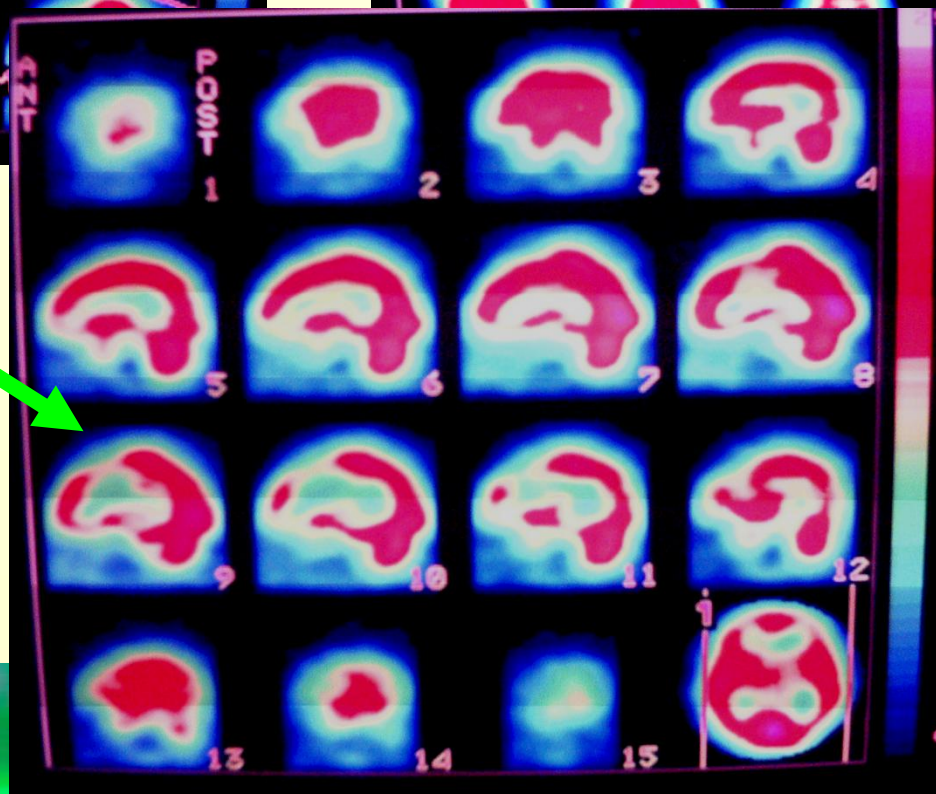
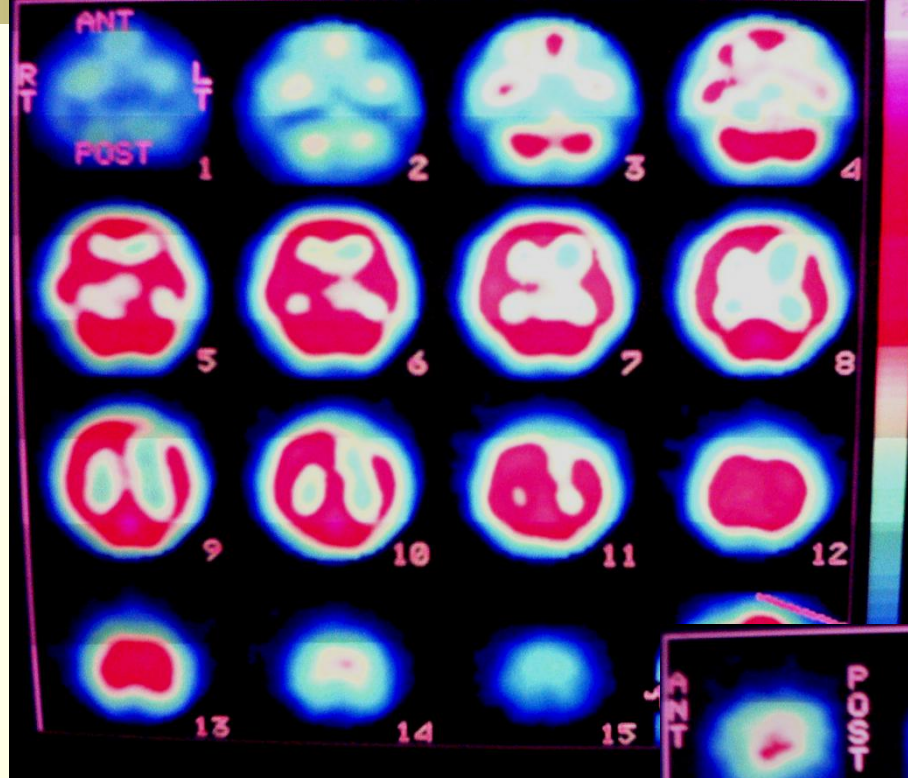


临床应用价值

8、脑肿瘤：

- ❖ 复发性脑肿瘤rCBF增高，瘢痕和水肿则降低。
- ❖ 放射免疫显像和受体显像脑肿瘤病理性质的判定，术后残留或复发与瘢痕的鉴别诊断。





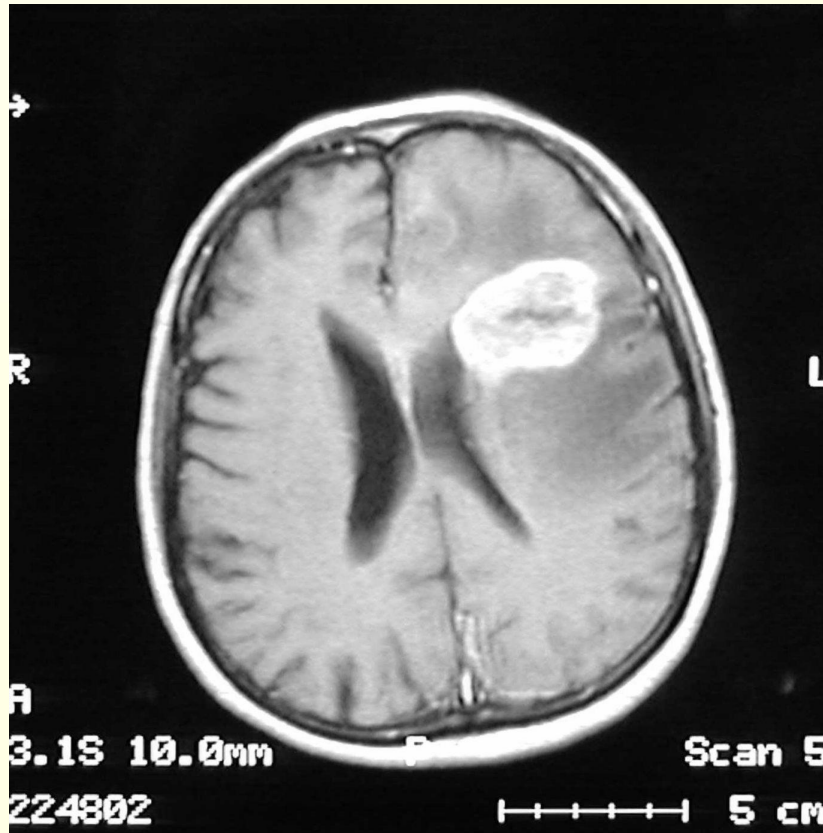


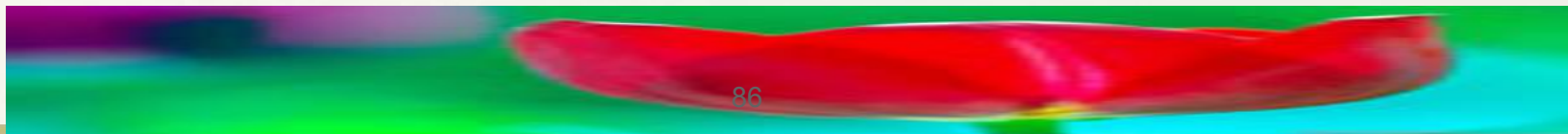
Image of a patient with glioblastoma in the left frontal lobe. MRI shows the tumor with enhancement and 99mTc-MIBI SPECT shows the tumor with obviously increased radioactive uptake.



临床应用价值

9、其他

➤ 脑外伤



思考题

- * 癫痫患者的脑血流灌注显像图像有何特征？
- * 血脑屏障的作用是什么？
- * ^{99m}Tc -HMPAO和 ^{99m}Tc -ECD显像剂有何差别？

