

エミッションCTの現状と展望

鳥塚 莞爾

(京都大学 核医学科)

1. はじめに

X線によるコンピュータ断層 (CT) は透過性のX線を用いるのに対し、放射性同位元素 (radioisotope, RI) を用いるCTは体内に分布するRIの発する放射線 (emission) を測定することから、emission CT (ECT) と呼ばれる。ECTはまた、single photon ECT (SPECT) と positron ECT (PET) に大別される。

SPECTは主に^{99m}Tcまたは、²⁰¹Tlなどのγ線放出核種が用いられ、広く臨床利用が行われるようになってきている。PETに関しては、positronとは陽電子であり、陽電子が消滅する時に180°の反対方向に2本の511KeVの消滅γ線を放出する。これらを対向する検出器で同時計測することにより、深さに依存しないγ線束の検出が可能となる。¹¹C, ¹³N, ¹⁵O, ¹⁸Fなどの生体構成元素がpositron放出核種であり、これらを用いたPETが始められ、biochemical imagingを可能にするものとして、今後の発展が期待されている。

循環器疾患に対するSPECT, PETの私共の成績について述べる。

2. SPECT

SPECTは、seven pinhole collimeter法に代表される縦断々層法とrotating scinticamera法に代表される横断々層法に大別されるが、現在、rotating scinticamera法が広く用いられる。

図1はSPECT法とplanar法による²⁰¹Tl心筋シンチグラムを示す。Planar法では明らかな欠損像が認められないが(図1-a)、SPECTでは矢印で示すように前壁梗塞による血流欠損が明瞭に描出されている(図1-b)。²⁰¹Tlシンチグラフィを施行した40例において、planar法とSPECTを比較すると、sensitivityはplanar法の77%に対し、

SPECTでは90%、specificityはplanar法、SPECTともに89%、accuracyはplanar法の83%に対し、SPECTでは93%であり、梗塞部の検出にSPECTがよりすぐれていることがわかる(表1)。

SPECTはまた、肝のspace occupying lesionの検出にもすぐれ、新しいSPECT用放射性医薬品の開発とあいまって、ルチン検査として定着しつつある。

3. PET

図2は健康人におけるC¹⁵O₂ガス、¹⁵O₂ガスの持続吸入による局所脳血流量(CBF)、局所酸素消費量(CMRO₂)、局所酸素摂取率(OEF)の機能図を示す。灰白質、脳底部の核および小脳における血流量および酸素消費量の高値が示されている。脳梗塞例では、発症直後には患部のCBFが低下し、OEFは上昇してCMRO₂は正常値を保つ。しかしながら、2~3週後には、CBFは正常に回復してもOEF、CMRO₂は低値を示すluxury perfusionを示し、これらはX線CTでは得られない情報である。またX線CTではCBFが正常の33%以下に低下してはじめて、明らかなlow densityが出現すると報告されており、本法は脳梗塞の診断、経過観察のルチン検査にも極めて有用である。

図3は前壁梗塞の症例の運動負荷前後の¹³NH₃水の静注投与による心筋のPETイメージを示す。安静時、運動負荷時共に心尖部および前壁中隔に欠損が認められるが、欠損の大きさは両者で差がなく、心筋壊死巣と考えられた。図4は狭心症の心筋PETイメージを示す。安静時には明らかなRIの分布の低下は認められないが、運動負荷時には心尖部から前壁中隔にかけて分布の低下が認められ、運動負荷による一過性虚血巣と考えられた。

	TP	FN	TN	FP	Sensitivity	Specificity	Accuracy
PLAN	17	6	16	1	17/23 (74%)	16/17 (94%)	33/40 (83%)
7 P	21	2	12	5	21/23 (91%)	12/17 (71%)	33/40 (83%)
SP-ECT	22	1	15	2	22/23 (96%)	15/17 (88%)	37/40 (93%)

TP : true positive, FN : false negative, TN : true negative, FP : false positive,
 PLAN : planar imaging, 7 P : seven-pinhole tomography,
 SP-ECT : single photon emission computer tomography using rotating camera

表 1

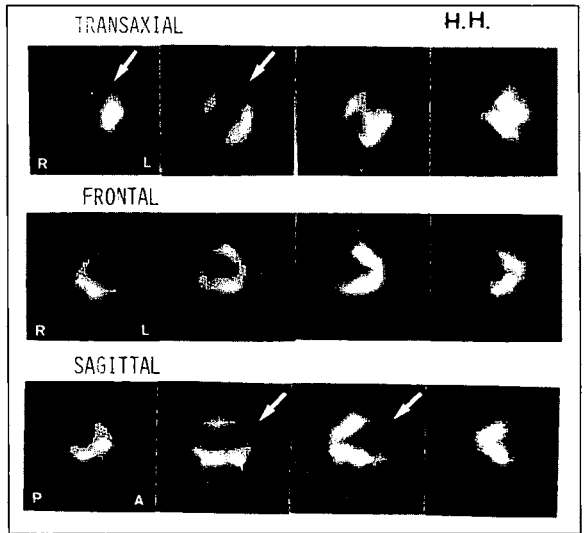
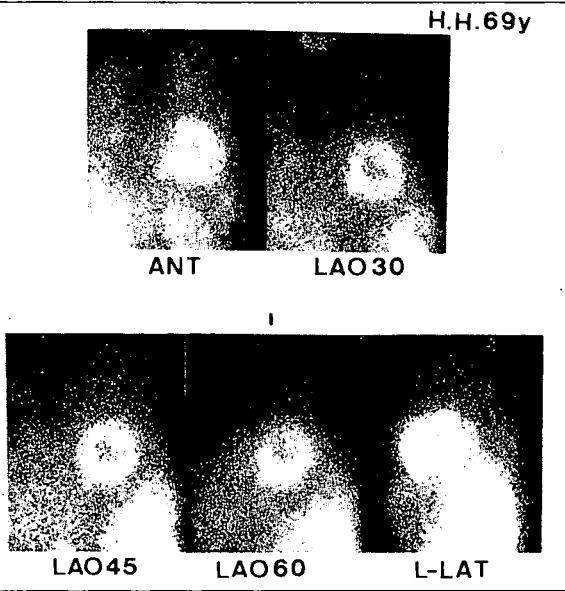


図 1-b

図 1-a

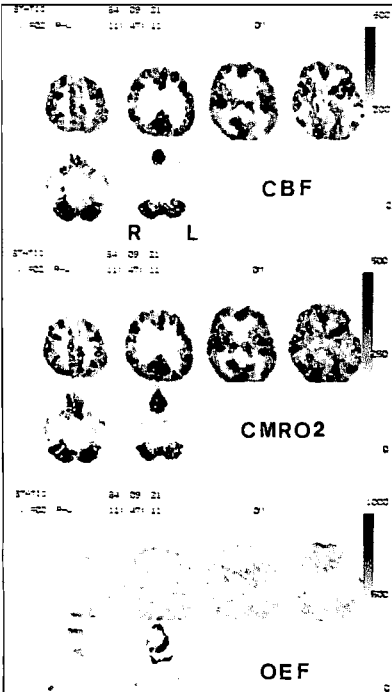


図 2

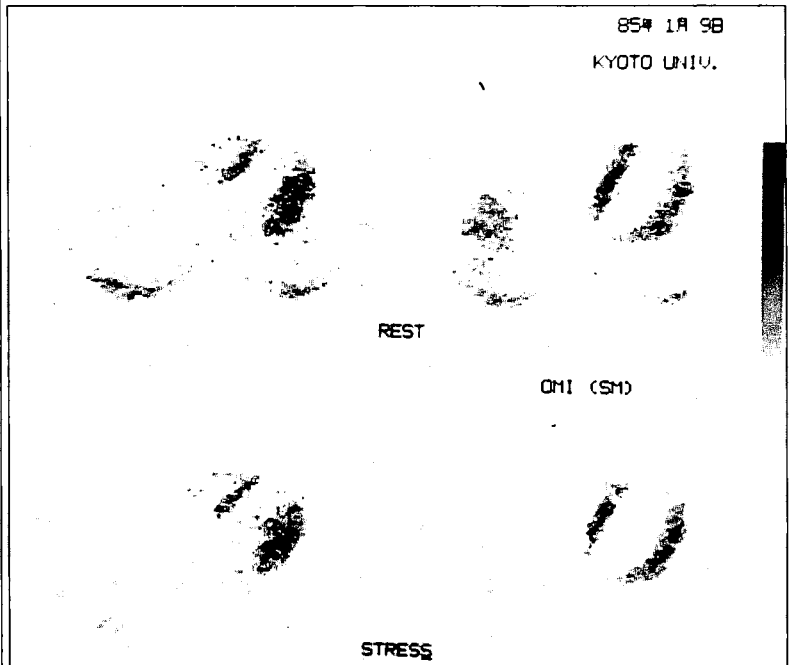


図 3

図5は健常人3例、虚血性心疾患8例における $^{13}\text{NH}_3$ 水静注投与による心筋のPETイメージの定量的評価を行った成績を示す。心筋局所摂取量は局所の平均カウント数とPETの calibration factor から算出した。健常人では、安静時で $104 \pm 14 \times 10^{-4} \% \text{dose/g}$ 、運動負荷時で $117 \pm 24 \times 10^{-4} \% \text{dose/g}$ であり、運動負荷によりごく軽度ながら有意の増加が認められた ($p < 0.001$)。虚血性心疾患例の健常心筋22区域では、安静時は $111 \pm 33 \times 10^{-4} \% \text{dose/g}$ であり、健常人との間に有意な差は見られず、負荷時には $109 \pm 23 \times 10^{-4} \% \text{dose/g}$ であり、負荷により増加する区域や減少する区域があって、種々のパターンを示した。冠動脈に明らかな狭窄を有する18区域では、安静時は、 $98 \pm 27 \times 10^{-4} \% \text{dose/g}$ であり、運動負荷により16区域(89%)では低下を示し、全体では $75 \pm 25 \times 10^{-4} \% \text{dose/g}$ と有意な低下を示した ($p < 0.001$)。

PET においては、ただイメージを得るだけでなく、代謝モデルを設定し、PETにて得られた計測値をモデルに代入し、血液中のRI量で較正して、生理学的または生化学的指標の算出が行われる。この場合、局所エネルギー代謝の評価として、例えば、 ^{11}C -glucose などを使用すると生体内ですぐに代謝され、その動的解析のモデルが複雑になり、定量化が困難となる。そこで組織に、その代謝の程度に依存して摂取され、代謝を受けずに組織内にとどまる ^{18}F - または ^{11}C -deoxyglucose などの生体にとっては hetero な化合物が利用される。これらのエネルギー代謝の評価は、てんかんの脳における focus の検出、精神神経疾患における局所脳機能の評価、痴呆の早期診断および心筋症の病態把握などへの応用が期待される。さらに dopamine の拮抗剤である ^{11}C -N-methyl spiperone などを用いて、神経伝達物質に対するレセプター・イメージングが行われており、PET はルチン検査法として、また生体内の生理学的、生化学的変動の研究手段として大きな可能性をもっている。

しかしながら、本法を施行するには ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F の物理学的半減期が、それぞれ、20分、

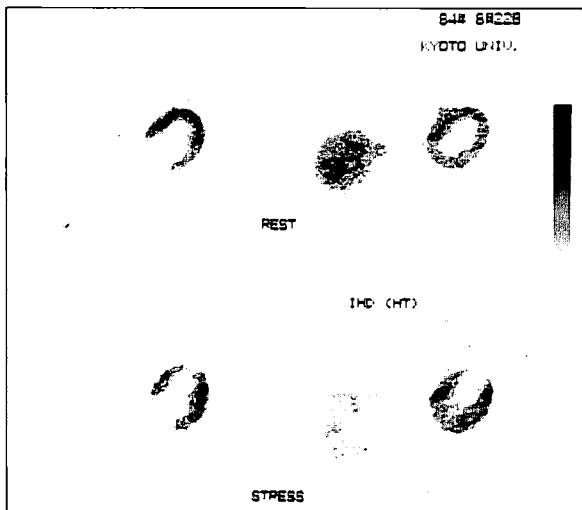
10分、2分、110分と極めて短いので、これらの核種を製造するために院内にサイクロトロンを持つ必要のあること、Ci 程度の大量のポジロン核種を扱うので、術者の被曝を軽減するために自動合成装置を開発する必要のあること、および出来た薬剤の品質管理を行う必要があるなどの問題があり、現在のところ、これらの条件を満たすことの出来る施設においてのみ実施可能である。

4. ECTの展望

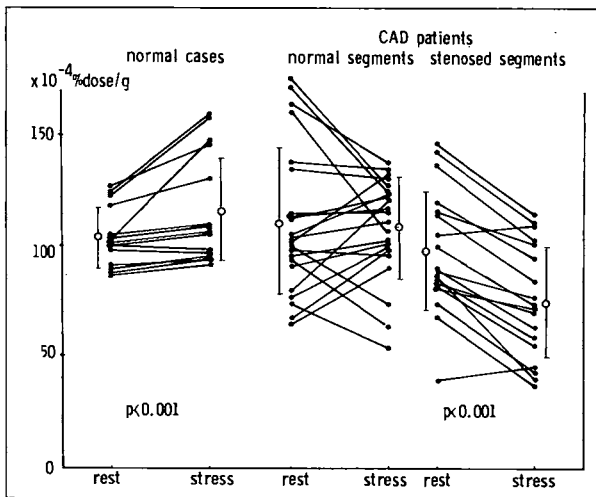
PET の汎用性には多くの問題があり、一方装置としての SPECT と PET の著者らの施設における比較において、感度はそれぞれ、 $1.4\text{Kcps}/\mu\text{Ci/ml}$ 、 $35\sim 46\text{Kcps}/\mu\text{Ci/ml}$ であり、解像力は 16mm 、 7.6mm (中心部) であり、いずれも PET の方がすぐれている。そこで、PET のすぐれた性能を生かすべく、汎用性の高いポジロン核種の generator system が検討され、 $^{68}\text{Ge}-^{68}\text{Ga}$ 、 $^{62}\text{Zn}-^{62}\text{Cu}$ などが、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 同様に、標識用核種として期待されている。

一方、SPECT 用放射性医薬品の開発も同時に進められており、近年、Winchell らにより開発された N-isopropyl-p (^{123}I)-iodoamphetamine (^{123}I -IMP) の使用により、静注投与で局所脳血流分布のイメージングが可能となった。図6は、本剤による左中大脳動脈閉塞例の SPECT イメージを示すが、左中大脳動脈灌流域に一致して血流欠損が明瞭に描出されている。また ^{123}I -脂肪酸による心筋エネルギー代謝の評価、 ^{123}I -QNB などによるレセプター・イメージングなど、生体内代謝機能を反映する製剤が検討されており、SPECT による生体内代謝機能の評価が可能になって来ている。

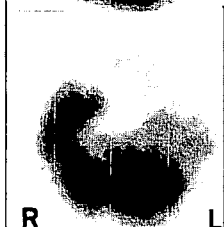
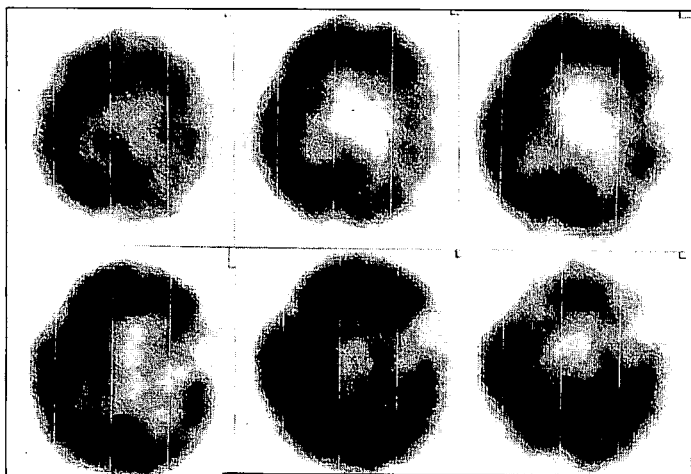
今後、ECT は図7に示す如く、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O を用いた PET はルチン検査として、また、その研究成果を汎用性の面ですぐれるポジロン generator system や γ 線放出放射性医薬品による SPECT へ還元しつつ、発展して行くものと考えられる。



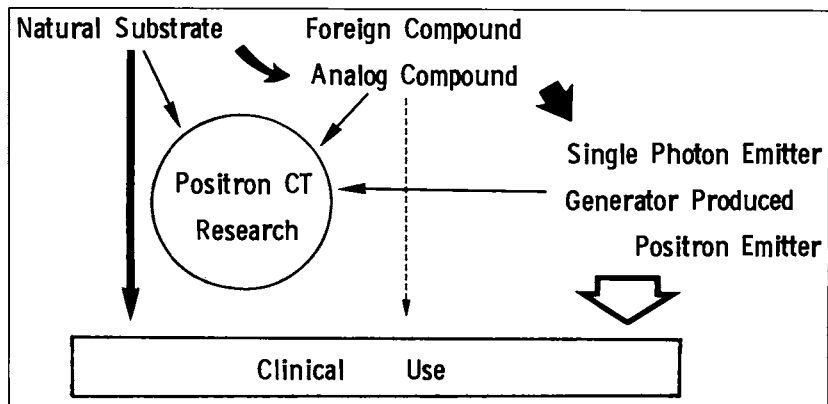
☒ 4



☒ 5



☒ 6



☒ 7