

## 総説

## PET装置の現状と将来

北川マミ 宇野公一 留森貴志 中原理紀 中川敬一

医療法人社団 清志会 西台クリニック画像診断センター

## はじめに

PET (positron emission tomography) は1970年代、CTと同時代に開発されたが、PETの普及はCTに比べそれ程目覚ましいものではなかった。しかし、最近急激にPET検査は注目されつつある。その理由はPET製剤を作るサイクロトロンの小型化、PET装置の精度向上、欧米で行われている臨床PET検査の有効性などがあげられる。日本でもPET検査数は増加し、有効症例の報告は増えている。2001年2月現在、PET装置は36施設49台、サイクロトロンは41施設48台に設置されている。今回、日本核医学会関東地方会で行われたワークインプログレス「PET装置の現状と将来」を基に、PET装置について概説する。

## 現在のPET装置

表1-1、1-2にPET装置の性能につき一覧表を提示する。トランスミッションの外部線源はGe-68あるいはCs-137である。Ge-68は半減期が270日なので、年に一度は交換を要する。線源の数によって異なるが、交換コストが年に200~300万円かかる。しかし、Cs-137の半減期は30年であり、ほぼ交換の必要がない。又、Ge-68の吸収補正時間は3~15分であるが、相対計数率がCs-137はGe-68の約20倍で、Cs-137の方が時間を短縮できる。

吸収補正の方法(図1)は注射前にトランスミッションを行う方法、注射後に別々にトランスミッションとエミッションを行う方法及び、注射後にトランスミッションとエミッションを同時収集する方法がある。注射前にトランスミッションを行う方法では、寝台に寝ている時間が約2時間かかり、PET装置1台で出来る検査の人数に制限が生じる。よって注射後にトランスミッションを行うことが望ましい。同時収集に関しては、全体のスキャン時間では大差はないが、画像のぶれは少ないと考えられる。

検出器のクリスタルの材質はBGO結晶(ゲルマニウム酸ビスマス)であるが、日立メディコのC-PET(薬事申請中)ではクリスタルの概念はなく、NaIを用いている。現在、BGO結晶よりも時間分解能を短縮できるLSO(ケイ酸ルテシウム)やGSO(ケイ酸ガドリニウム)の開発が進められている。

データ収集モードは、3D収集が出来るところが多い。特に、3Dの心電図同期及び呼吸同期が可能な機種もある。肺に関しては呼吸同期で1cm以下の結節の検出率が向上する可能性も考えられる。又、3D収集では2D収集よりも薬の投与量を少なくすることも可能である(表2)。

FDGの供給が将来予定されているが、供給されるFDGの量に依存し、供給量に制限がある場合にはSPECT/PET兼用機が普及するとの見方もある。これはアンガー型ガンマカメラで構成され、PET検査を施行するときにはコリメータを取り外し、同時計数方式で使用する。データ収集は3Dモードで行う。

## 将来のPET装置

シーメンス旭メディテックは、ピッツバーグ大学との共同研究でPET/CTスキャナの開発を進めている。現在FDAの認可を受け、1号機がまもなく稼動する予定である。又、BGOよりも計数効率が良いLSOを使用した装置の開発を行っている。LSOを使用する事によりスキャン時間を約半分にする事が可能である。近々1号機が稼動予定である。GE横河メディカルでは可変2検出器型プレミアムSPECT装置MillenniumVGにX線管球と検出器を同一ガントリーにマウントさせたHawkEye(薬事未承認品)、全身用プレミアムPET装置とサブセカンドマルチスライスCTを組み合わせたCTPETシステム(薬事未承認品)などの複合型システムを開発している。

日立メディコではGSOクリスタルを用いたPET装置ALLEGROが臨床評価の段階に入っている。

表1-1. PET装置比較表

機種名	シーメンス			GE横河	島津製作所	日立メディコ	POSITRON
	ECAT EXACT			Advance	SET-2400W (HEADTOME-V)	C-PET (薬事申請中)	POSICAM HZL (mPOWER)
設置条件	47	HR <sup>+</sup>	ART				
PET室(×m)	6×4			6×5	6×3	5.5×3.4	5×5
操作室(×m)	3.2×4			4×4	2×4	3.4×2.1	4×3
機械室(×m)	不要			4×2	2×2	不要	4×2
ガントリー							
寸法(H×W×Dcm)	188×183×81	188×183×63		202.5×236.2×88.9	176.5×160×79	179×169×86	170×190×71
重量Kg	1270	1050		2782	1200	1300	2136
開口径cm	56.2	60		58	59.5	56	53.4
チルド機構	無し			有り(オプション)	無し	無し	無し
ウォッブル機構	無し			無し	無し	無し	22mm
患者位置決め機構	9本のレーザーマーカー			左右、上方の3点レーザーマーカー	3方向レーザーマーカー	無し	3点レーザーマーカー
患者テーブル							
垂直方向移動～cm	57～93			52.8～104	49.5～91	82～106	無し
水平方向移動 cm	220			170	185	168	185
最大荷重 kg	159			180	135	135	159
トランスミッション							
核種	Ge-68		Cs-137	Ge-68	68Ge/68Ga	Cs-137	68Ge
形状	棒状		点	ロット状	棒状	点線源	ロット
数量	3		2	2	2D用1本/3D用1本	1	1
強度 mCi/1本	3	5		10	2D用5/3D用1	5	4
その他				校正用外部線源 1.5mCi 1本			校正用外部線源 1mCi 1本
吸収補正法							
Segmented Post Emission Transmission	有り			可	有り	不要	有り
E/T同時収集法	無し			不可	有り	有り	無し
検出器							
検出器リング数	24	32	24(相当)	18	32	リング概念無し	32
検出器リング径 cm	82.4	82.7	82.4	92.7	84.7	90	78
クリスタル数	9216	18432	4224	12096	21504	6	4096
クリスタル材質	BGO	BGO	BGO	BGO	BGO	NaI	BGO
クリスタル寸法 ××× mm	6.75×6.75 ×20	4.05×4.39 ×30	6.75×6.75 ×20	4×8×30	3.8×6.25×30	500×300×25 円弧状	8.5×9.8×30
体軸方向視野FOV mm	162	15.5	162	152	200	256	166
スライス数	47	63	47	35	63	128	61
スライス間隔 mm	3.375	2.46	3.375	4.25	3.125	2	2.6
ホールボディ時体軸方向視野cm	195	195	195	170	175	256	180
クリスタル数/PMT	16	16	16	18	24	288	4

当院ではPET/CTスキャナの代わりに、PETとCTの画像の重ね合わせをフォトショップを用いて行っている。当院で行われたFDG-PETの症例を図2-1、2-2に供覧する。PET装置はPOSITRON社のPOSICAM HZL (mPOWER)を用い、投与量は約7mCiである。肺腫瘍放射線療法後、腫瘍マーカー上昇にてPET検査を施行したところ、右肺門部よりに集積増加を示し

た。胸部X線写真及び胸部CTでは、無気肺になっている部位もありはっきりした再発腫瘍の同定がこの症例の場合には問題となる。そこでフォトショップにて画像の重ね合わせを行った。実際には輪郭を合わせるには大変な作業であり、臨床の検査を行いながら行える作業とはいえない。簡便に行えるPET/CTスキャナの有用性が考えられる。

表1-2. PET装置比較表

機種名	シーメンス			GE横河	島津製作所	日立メディコ	POSITRON
	ECAT EXACT			Advance	SET-2400W (HEADTOME-V)	C-PET (業事申請中)	POSICAM HZL (mPOWER)
	47	HR <sup>+</sup>	ART				
データ収集モード							
トランスミッション	有り	有り	可	可	有り	有り	○
2Dエミッション	有り	無し	可	可	有り	無し	○
2Dダイナミック	有り	無し	可	可	有り	無し	○
2Dホールボディ	有り	無し	可	可	有り	無し	○
2D心電同期	有り	無し	可	可	有り	無し	○
2D呼吸同期	可能	無し			有り	無し	×
3Dエミッション	有り	有り	可	可	有り	有り	×
3Dダイナミック	有り	有り	可	可	有り	有り	×
3Dホールボディ	有り	有り	可	可	有り	有り	×
3D心電同期	有り	有り	可	可	有り	有り	×
3D呼吸同期	可能	可能			有り	なし	×
PET本体							
CPU	SPARC			i860	Compac Alpha Motorola DSP96002	SUN UltraSparc	VME68030
磁気ディスク容量	18GB			9GB	18GB	2GB	
メモリ容量	256MB			256MB	1GB	128MB	128 (Max512MB)
アレイプロセッサー	無し			800MFLOPS	無し	無し	
コンソール							
CPU	450MHz×2			SUN Ultra60	Compac Alpha 21264	SUN Ultra60 Dual processor 450MHz	SUN Ultra60
メモリ容量	1GB			512MB	256MB	256MB	
磁気ディスク容量	27GB			36GB	18GB	9.1GB	8GB
バックアップ媒体	MO 4mmDAT			DAT,MOD	DVD, CD-R, DAT, 5inch MOD	MO	4mmDAT
ディスプレイモニタ	21インチ			21インチカラー	21inch Color (1280×1024)	21インチ 20インチ液晶	21インチカラー
画像再構成							
均一性 %	<10%		<15%	3%以内	仕様無し	不明	5%
コインシデンスウィンド nsec	12			12.5	8~25	8	12
2D画像再構成法	FBP (DIFT) * NAW-OSEM**			FBP OS-EM	FBP OS-EM	2D収集モードなし	FBP OS-EM
2D画像再構成時間 sec / frame (slice数)	25 / (47) * 260 / (47) **			35 / (35)	35sec / (63)	2D収集モードなし	3.5sec / slice
3D画像再構成法	FORE+FBP*** FORE+NAW-OSEM****			FBP	Reprojection FORE+OS-EM	FORE/OS-EM法 RAMLA法	なし
3D画像再構成時間 sec / frame (slice数)	60 / (47) *** 285 / (47) ****	95 / (63) *** 450 / (63) ****	45 / (63) *** 285 / (63) ****	9min / (35)	2min / (63)	3.5min	

表2 検査方法

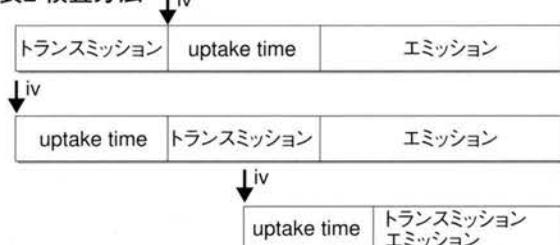


表3 FDGお勧め投与量 (mCi)

	2D	3D
シーメンス	10	10
GE	8~12	5~10
島津	10	2~5
日立		4
ポジトロン	10	8~12

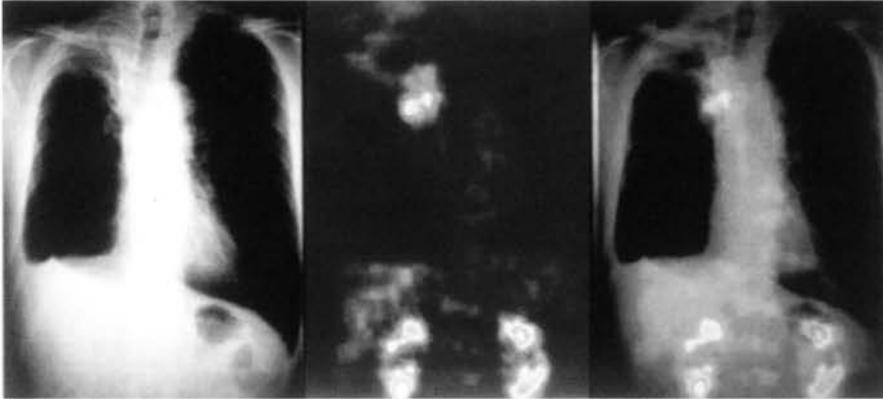


図2-1：a胸部単純写真. b FDG-PET冠状断面像. c 合成画像.

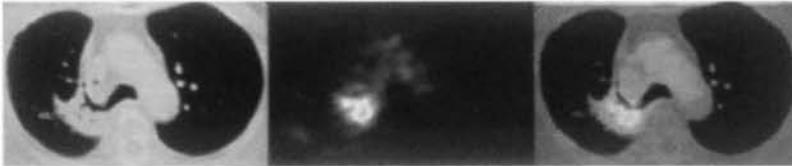


図2-2：a胸部CT. b FDG-PET水平断面像. c 合成画像.

FDG-PET検査では右肺、肺門部よりに集積増加を認めます。胸部単純写真、胸部CTでは再発病変部の同定が困難であるが、合成画像にて病変部の同定が容易になる。

### おわりに

当院では昨年10月にPET検査が開始されてから約400例が行われている。最近では患者個人からの直接検査の問い合わせも増えている。PET施設を導入する予定の施設もあり、今後さらにPET施設は増え、検

査の流れが変わると思われる。課題としては早く保険適応が認められ、検査が受けやすくなることである。PET装置ではより多くの人をこなすことができる機種が望まれる。

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

### 複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619