

PET の予防医学的利用における撮影法、診断法の標準化に関する実証研究-1

佐々木敏秋¹⁾, 小川 彰²⁾, 小笠原邦昭²⁾, 小林正和²⁾, 小守林靖一²⁾, 斉藤秀夫²⁾

畠山 智³⁾, 斉藤義弘³⁾, 寺崎一典¹⁾, 世良耕一郎¹⁾

¹⁾ 岩手医科大学サイクロトンセンター
〒020-0173 岩手郡滝沢村字留が森348-58

²⁾ 岩手医科大学医学部脳神経外科
〒020-8505 盛岡市内丸19-1

³⁾ (社) 日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトンセンター
〒020-0173 岩手郡滝沢村字留が森348-58

1. はじめに

ここ数年, 新設の PET 施設の増加には目覚ましいものがある. PET 施設にはサイクロを保有する施設, FDG をメーカーから供給されて PET 検査を行うデリバリー施設があるがそれらを合わせると, 100 施設を超える. 新設の PET センターではほとんどが 3D (dimension) 型の PET 装置を導入し, さらに PET 装置に CT (computed tomography) 装置を装着した PET-CT¹⁾ 装置が普及し始めている. 早くから PET 装置を導入してきた施設は, 2D, または 2D 3D 兼用の PET 装置である. それらの施設では全身 PET 検査を行う場合, 定量性と患者のスループットを考慮し 2D でデータ収集しているところが多かった. ところが感度, 分解能とも従来の 2D 以上に高性能な 3D-PET 装置が登場した. 3D-PET 装置では散乱線含有率が 2D-PET 装置と比較して高くなる. そのため 3D-PET 装置の定量性が危ぶまれている. 本研究では最終的には 3D-PET 定量性をいかにして高めるかということを目指しているが, その前段階として, 他施設での PET 装置のデータ収集の現状調査, 基礎的検討を行ったので報告する.

2. 目的

本研究課題としてあげている項目は以下のとおりである.

1. PET における検診時の基礎的データの取得
2. 3D-PET の PET 定量法に関する基礎的研究

3. 各施設における検診時の撮影，診断法の調査
4. 3D-PET での定量性をいかにして高めるか？

3D-PET の定量性に関しては今まで NMCC が蓄積してきた 2D とのデータ比較が必須である。また 3D-PET 校正用ファントムの基礎的検討については、現在所有している JRIA・PET 用ファントムを基準としそれに改良を加える形とする。

3. 方法 PET 校正用ファントムの基礎的設計

本研究の項目は多岐にわたる。大きく分けると今までの PET データと 3D-PET データの比較，それと臨床応用である。3D-PET とのデータ比較に関しては、現在所有している 2D のデータを統計処理して示す。3D-PET の項目に関してはまだ 3D-PET が導入されていないため次回の報告にまわすこととする。検診に関して、当施設は検診を目的とした施設ではなく、他施設の情報収集も必要であるが、調査方法は他の PET 施設にアンケート，または、電話により問い合わせを行った。

4. 結果

本研究の目的である、「3D-PET の PET 定量法に関する基礎的研究」と「3D-PET での定量性をいかにして高めるか」については 3D-PET 導入後の研究となり、今回は問題提起するに留める。3D-PET の定量性の最大の問題点となっているのは、散乱線による偶発同時計数の割合を 2D のレベルまで下げる具体的な方法がないということである。散乱補正法はいくつか考えられてはいるが、散乱線含有率²⁾はいずれも 30 数%程度となっている。この散乱線含有率を下げる方法を今後研究する。

PET 校正用ファントムの基礎的設計については、PET 性能評価法をいくつか示し、PET 性能評価の現状と問題点を提示する。2D-PET における検診時の基礎的データの取得と各施設における検診時の撮影，診断法の調査については今回行った調査を報告する。

4.1 2D における検診時の基礎的データの取得について

先にも述べたが NMCC では検診は行っていない。しかし脳の CBF (cerebral blood flow), OEF (oxygen extraction fraction), CMRO2(cerebral metabolic rate of oxygen), 等の正常データ，ボランティア，各症例は存在する。この正常データをデータベース化する。

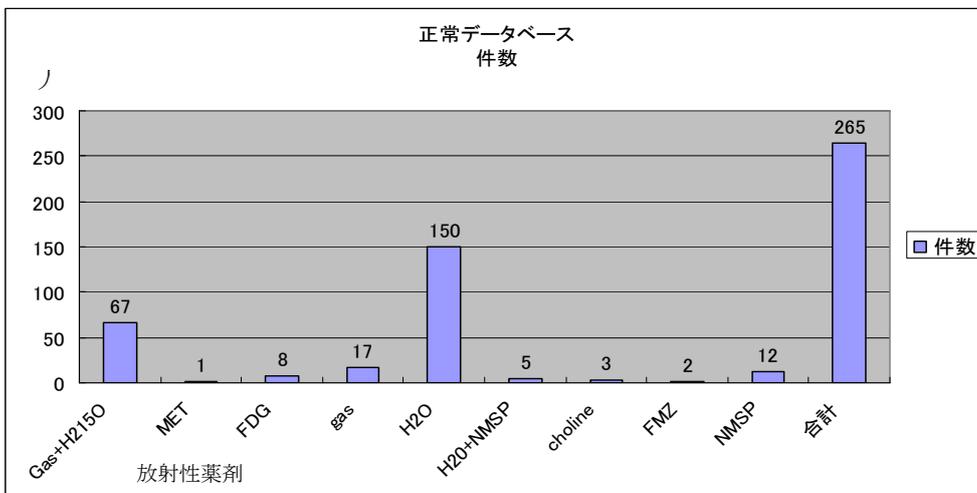


図1 正常データベース件数

図1に当施設でPET検査を行い、正常データベースとして使用できる件数をあげた。使用PET薬剤により分類した場合、 H_2O の数が多く、次にGAS+ H_2O の検査例が多い。 H_2O は過去に脳血流負荷試験を行っていたため、多くなっている。脳血流負荷試験そのものはデータベースとして使用できないが、血流負荷試験をしないデータを使用する。さらに血流データには、他疾患があるが、脳に異常はないという場合も含まれる。これに関しては脳に顕著な異常が見られないだけで、実は何らかの異常がある場合が考えられるため、データベースに組み込む場合には慎重に扱わなくてはならない。これらをすべて含め合計すると265例となる。

4.2 3Dの定量法の開発、校正用ファントムの基礎的設計

PETの性能評価を行うことはPETの性能、定量性の維持の点から、是非把握しておかなければいけない項目である。下記に現存する測定法を示す。問題点はどの測定法も複雑で測定時間が多く必要なことである。われわれの場合にはPET装置の維持、管理が出来ればいわけであり、PET装置メーカーが提供するほどの厳密で正確なデータは必要ない。われわれに必要なのは定量値に影響が出るか出ないかのレベルでのPET装置の維持管理でよいと考える。PET性能維持管理のために通常の臨床を長期間止めることは出来ず、PET検査を行いながらしかもPET性能を維持するための試験期間は、最大で1-2日程度と考えられる。この期間ですべての項目を行えるようなものでなくてはならない。

表 1.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ NEMA NU-2 (1994) Performance measurement of positron emission tomographs.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NEMA NU-2 (2001) Performance measurement of positron emission tomographs.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 日本アイソトープ協会医学・薬学部会 (1994) PET装置の性能評価のための測定指針 Radioisotopes 46(9) 115-135 1994.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 日本画像医療システム工業規格 (1993) JESRA X-73(JRIA) PET装置の性能評価法 .
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IEC 919751 radionuclide imaging devices-characteristics and test conditions part.

PET 研修セミナーin 東北

われわれが所有しているファントムは日本アイソトープ協会医学・薬学部会 (1994) -PET装置の性能評価のための測定指針に基づいた JRIA・PET用ファントム³⁾である。表1に性能評価法をいくつかあげたが、性能評価法が存在すればそれに伴ったファントムも存在する。PET装置を維持、管理するためどの測定法を使用すべきかを思案している放射線技師は多いと考えられる。PET性能維持管理を行う場合、測定指針どおりに行うことは他施設との比較、測定データの信頼性の点からも必須である。しかし、その指針どおりPET性能評価を行う場合、技術的に困難な問題が浮かび上がってくる。ひとつは前述のPET性能評価ファントムの問題である。現状では、必要な分だけ準備されていない。また、性能評価はいつ行えば良いかの規定も定まっていない。性能評価は測定が煩雑で一日ですべての項目を終了させることは出来ない。すべての項目について行おうとすると3ヶ月程度を要することもあり、現実的とは言えない。

また測定項目によっては大量のアイソトープを必要とするため、デリバリーの施設では性能評価試験を行うことができない、という問題も発生している。PET装置メーカーがPET装置を販売する場合の性能評価データとしてはNEMA NU-2 2001が多い。頭部を対象とした場合はNU2-1994でよいが3D-PETの場合は、全身を対象とするためNEMA NU-2 2001を用いての性能評価となる。

NEMA2001とJRIA・PETファントムを比較すると測定項目にNEMA 2001には均一性をチェックする項目が

無い。JRIA・PET ファントムの場合は、規格が13年ほど前に設計されたもので、現在の3D-PET装置には適合せず、また全身を考慮したものではない。他の測定指針も同様で、どの方法をとっていても一長一短である。たしかに、測定指針どおりのPET装置の性能評価も必要である。しかし、PET装置の機能を維持する現場としては、PET装置のメンテナンスの後で本当にPET装置の性能がPET装置購入時と同等に維持されているかを確認する必要がある。そのためのPET性能評価測定に、各PET施設で割り当てる時間は限られている。またPET装置にPET性能評価測定プログラムが導入されているのが望ましい。

表 2.

NEMA NU2-2001	JRIA・PET ファントム
1. 空間分解能	1. 空間分解能
2. 散乱フラクシオン, 計数損失および偶発同時計数	2. 散乱フラクシオン
3. 感度	3. 感度
4. 計数損失および偶発同時計数補正の精度	4. 計数損失および偶発同時計数
5. 画質	5. 画像濃度の均一性
6. 吸収補正および散乱線補正の精度	6. 容積効果 (リカバリー計数)
	7. 吸収散乱補正の精度
	8. 高計数率特性 (計数損失の補正の精度と S/N 比)

4.3 各施設における検診時の撮影、診断法の調査

表 3.

施設名	装置名	待機時間 (min)	収集時間 (min)	投与量 (mCi/Kg)	SCANの種類	検査人数	自由・保険	金額(¥)	台数
A	Eminence-G/M	60	15	0.08-0.1	ET 同時収集	6-10/日	両方	10万以下から	3
B	Eminence-G/L	50-60	15	0.1	ET 同時収集	4-8/日	両方	10万以下から	2
C	Eminence-G/M	60	30	0.08	ET 同時収集	4-8/日	両方	10万以下から	3
D	Eminence-G/X	50	25	3	ET 同時収集	4-10/日	両方	105,000 から	3
E	Eminence-G/L	60	18	0.08 以下	ET 同時収集	3-8/日	両方	10万以下	3
F	Eminence-G/L	60	20	0.08 以下	ET 同時収集		両方	10万以下	2
G	HEADTOME-V	50	50	0.1	ET 同時収集	8-10/日	-	-	1
N	HEADTOME-IV	40-60	10	0.1	TRAN EMIS	1-5/日	-		1
I	ECAT ACCEL	90	24-30		TRAN EMIS	1 5/日	保険		1
H	HEADTOME-V	40-45	30	-	2D 同時収集	8/月	保険		1

各施設におけるPET検査の状況を表3に示す。この調査はFDGのみ対象としている。

各施設FDG全身PET検査のみをとっても、投与量、エミッションスキャンの時間、方法、トランスミッションの方法は多様である。この状態では他施設と画像またはSUVを比較する場合においても支障をきたすと考えられる。投与量については、体重あたり0.1 mCi/Kg前後と比較的施設間のばらつきは少ない。しかし、投与量を体重に関わらず一定としている施設もある。データ収集法については、エミッションスキャン、ト

ランスミッションスキャンの同時収集というところが多かった。検査人数はPET 1台当たり一日10人弱のところが多い。診療の種類については、診療所の場合は自由・保険両方の施設が大半であった。NMCCのような研究所では保険診療は行っていなかった。

5. 終りに

本研究はいまだ初期の段階のため、この研究の必要性、過去のデータのまとめ、そして問題点を列挙するにとどまった。また研究項目の中には、当施設のみではマンパワーという点から困難と思われる項目も存在する。PET 定量性の信頼度を再び勝ち取るため、他施設との積極的な協力も必要と思われる。

参考文献

1. P. E. Kinahan, D. W. Townsend, T. Beyer, and D. Sashin: "Attenuation correction for a combined 3D PET/CT scanner", *Medical Physics*, Volume 25, No 10, pp. 2046-2053 (October 1998).
2. Cherry SR, Dahlbom M and Hoffman EJ: "3D PET using a conventional multislice tomograph without septa.", *J Comput Assist Tomogr*, ;volume15,no,4: pp.655-68 (Jul-Aug.1991).
3. (日本アイソトープ協会・医学薬学部会 PET 装置のための測定指針 *Radioisotopes* 43(9) 115-135 1994).

**Experimental studies on standardization of 3D-PET imaging and diagnosis.
- focused on its application to preventive medicine -**

Toshiaki Sasaki ^{*1}, Akira Ogawa ^{*2}, Kuniaki Ogasawara ^{*2}, Masakazu Kobayashi ^{*2}
Nobukazu Komoribayashi ^{*2}, Hideo Saito ^{*2}, Satoru Hatakeyama ^{*2}, Yoshihiro Saito ^{*2}
Kazunori Terasaki ^{*1} and Koichiro Sera ^{*1}

^{*1}Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

^{*2}Nishina Memorial Cyclotron Research Center
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

^{*3}Department of Neurosurgery, Iwate Medical University
19-1 Uchimaru, Morioka 020-8505, Japan

Abstract

In order to improve reliability of the quantitative values given by recent 3D-PET, we have started the studies according to the guidance consisting of five items. They are; 1. acquisition of the basic data by means of existing 2D-PET, 2. fundamental development of the method of quantification for 3D-PET, 3. designing of the phantoms for quality and performance of 3D-PET, 4. investigation of the actual statuses of the methods of PET-scan and diagnosis in other facilities, 5. improvement of accuracy and precision of the quantitative values given by 3D-PET. In this study, we have gathered information about other PET facilities and also have collected the basic data for 265 normal volunteers by means of existing 2D-PET. It is found that the times interval between administration and the start of data acquisition for FDG diagnosis are around 60 min at most facilities. Costs for each diagnosis are around 100,000 yen. We also are planning to establish the standard method of evaluating PET performances which enable us to finish the evaluation within 2 days. We are going to put forward this study in order to guarantee the quality and performance of 3D-PET.