

正常脳血流画像データベースの作成とその脳疾患診断への応用

分担研究者 福田 寛 東北大学加齢医学研究所教授

研究要旨

SPECT 脳血流画像の解剖学的標準化により、アルツハイマー型痴呆の患者の平均血流画像を作成し、これを健常老人の平均画像と比較した。その結果、痴呆群では、頭頂葉、側頭葉、前頭葉で健常老人とくらべて有意な血流低下が見られた。また、 $CDR \geq 2$ の群と $CDR \leq 1$ の軽症群を比較すると、重度群では左頭頂葉領域の血流が低下しており、この部位が重症度と相関していた。一方、PSMS および脳萎縮指数とは相関が見られなかった。また、難治性老年期うつ病の無痙攣電撃治療の前後で、症状の改善とともに脳血流が改善する現象が観察された。以上の研究により、画像データベース構築およびデータベース間の差の統計検定による客観的画像診断法の基礎を確立した。

A. 研究目的

ポジトロン CT (PET) やシングルホトン CT (SPECT)を用いた研究により、痴呆の患者では側頭葉、頭頂葉など大脳皮質連合野の血流、糖代謝が低下していることが知られている。症状が軽微な早期痴呆患者ではこれらの所見がはっきりしないことが多い。また、血流低下部位の判定は視覚的、主観的な判断によることが多く客観性に欠ける。本研究ではこれらの問題点を克服するために、統計学的手法で客観的に異常部位を検出する画像診断システムを開発することを目的とする。

このため解剖学的標準化の手法を用いて、まず正常者の平均脳血流画像（データベース）の作成を行った（平成8年度）。次いで痴呆やパーキンソン病など加齢にともなう脳疾患患者についても平均脳血流画像データベースを作成し、正常との違いをあきらかにした。本年度は、（1）アルツハイマー型痴呆患者の症例をさらに増やして脳血流の平均的パターンをあきらかにするとともに痴呆重症度、加齢、脳萎縮との相関をあきらかにした。また（2）難治性老年期うつ病患者の平均脳血流画像を作成し、無痙攣電撃治療前後の脳血流の変化をあきらかにした。

B. 研究方法

（1）アルツハイマー型痴呆患者の脳血流 SPECT 画像と痴呆重症度、加齢、脳萎縮との関係
アルツハイマー型痴呆患者 20 名(AD 群)を対象とした。患者の平均年齢は 71.7 ± 7.1 歳、CDR スコアは 1~3、MMS スコアは 17.8 ± 5.3 であった。AD 群においては、少なくとも一年以上の経過観察を行い、痴呆の診断を確実にした。また、コントロール群として年齢と性を一致させた健常老人 15 例を対象とした。

740~1110MBq(20~30mCi)の^{99m}Tc-HMPAO を静注 10 分後から頭部専用 SPECT 装置 (SPECT2000H, 日立)を用いて 25 分間の SPECT 撮像を行った。画像再構成は filtered back projection 法によった。この際、Butterworth filter を使用した (dimension 12, cutoff 0.25 cycle/pixel)。吸収補正は Chang の方法を用い、散乱線補正は行わなかった。静注時から SPECT 撮像まで、被験者を安静閉眼臥床とした。

得られた画像をワークステーション (Sun Ultra)に転送し、前脳平均カウントが 100/ピクセルになるよう SPECT カウントの規準化 (normalization)を行った。次に、Automated Image Registration (AIR)システムの linear および non-

linear パラメータを用いて被験者すべての脳形態を標準形に変換した。次に SPM96 (Statistical Parametric Mapping)を用いて、痴呆群と健常群の局所脳血流差の群間比較を行った。また、疾患の重症度 (CDR、MMS、PSMS)、および X 線 CT で計測した脳萎縮指数を covariate とした時の脳血流との相関について検討した。

(2) 難治性老年期うつ病に対する無痙攣電撃治療前後の脳血流の変化

老年期うつ病は薬剤耐性の難治性うつ病で寛解にも残遺症状を残すことが多く次第に増悪する。また認知障害を伴うこともあり、痴呆との鑑別が重要である。機序は不明であるが、無痙攣電撃療法がこの疾患に有効であることが知られている。

老年期うつ病患者 8 名、年齢を一致させた健常老人 9 名を対象とした。脳血流 SPECT は研究 ^{99m}Tc -HMPAO (740MBq) 用いて行った。データ収集、画像再構成等の条件は (1) と同じである。SPM96 を用いて治療前後の脳血流の変化を検討した。

C. 研究結果

(1) アルツハイマー型痴呆患者の脳血流 SPECT 画像

図-1 に健常老人および AD 患者の平均脳血流画像を示した。視覚的には AD 群で頭頂葉、側頭葉の血流が低下している。図-2 上段は AD 群で有意に血流が低下している部位を示したものであるが、頭頂葉、側頭葉および前頭葉で低下していた。図-2 下段は中程度群 (CDR ≥ 2) と軽度群 (CDR ≥ 1) との差を示したものである。重症群で左頭頂葉が有意に血流が低下していた。またこの流域は MMS スコアおよび年齢 (加齢) と相関が見られた。一方、X 線 CT で計測した脳萎縮指数および PSMS との間には相関が見られなかった。

(2) 難治性老年期うつ病に対する無痙攣電撃治療前後の脳血流の変化

図-3 は治療前後で血流の変化のあった部位を示したものである。治療直後で前頭葉を中心に血

流が改善していることがわかる (上段)。しかし治療後 3 ヶ月が経過すると前頭葉の血流改善所見がはっきりしなくなる傾向が見られた。

D. 考察

これまで AD 患者の脳血流低下に関する論文は数多く報告されているが、頭頂、側頭連合野を中心とする血流低下の報告が多い。今回、これに加えて前頭葉の血流低下が見られた。比較的早期の痴呆患者でも前頭葉の血流低下が検出された原因として、解剖学的標準化を用いた平均化によって、信号強度が上昇して検出感度が上昇した可能性がある。一方、左頭頂葉が痴呆の重症度および加齢と相関していた。対象とする患者群の臨床的プロファイルの違い、画像処理、統計検定に伴うノイズなども考慮する必要があるが、これまで同種の報告はない。今後、さらに確認とともに、この領域の担う高次機能をあきらかにする必要がある。

老年期うつ病の治療直後の脳血流の変化を解析した。治療直後の臨床症状の改善とともに血流は改善しており、治療後数ヶ月後の症状増悪とともに血流は再低下していた。本研究で用いた手法は全脳血流が常に一定であるという仮定のもとに、局所脳血流を基準化 (normalize) しているため、あくまで相対的变化を捉えたものである。このため、血流の絶対値が問題になるような場合には使用することができないという欠点を有する。にもかかわらず、臨床的経過と一致する結果が得られたことは、本法の妥当性を示すと考える。

E. 結論

自動的に解剖学的標準化を行うシステムである AIR および SPM を用いて、健常者、および疾患毎の平均画像 (画像データベース) を作成した。正常と疾患あるいは疾患どうしの群間で画素毎の差の統計検定を行うことにより、客観的、自動的に診断を行うために、基本的システムを完成することができた。今後は、正常画像データベースをデータ数を拡張するとともに、局所脳萎縮による部分容積が血流画像に及ぼす影響をどう評価するかが課題である。

F. 研究発表

1. 論文発表

1) Imran MB, Kawashima R, Sato K, Kinomura S, Ito H, Koyama M, Goto R, Ono S, Yoshioka S, Fukuda H: Mean rCBF images of normal subjects using Tc-99m HMPAO by automated image registration (AIR). J Nucl Med 39, 203-207, 1998.

2) Imran MB, Awata S, Kawashima R, Sato K, Ito H, Ono S, Yoshioka S, Ota S, Sato M, Fukuda H: Follow-up of improvement in rCBF and mental status in Alzheimer's disease: Tc-99m HMPAO study by image registration. Clin Nucl Med 23, 601-603, 1998.

3) Imran MB, Kawashima R, Awata S, Sato K, Kinomura S, Ito H, Ono S, Yoshioka S, Sato M, and Fukuda H: Use of automated image registration to generate mean brain SPECT image of Alzheimer's patients. Ann Nucl Med 12:127-132, 1998.

4) Goto R, Kawashima R, Ito H, Koyama M, Sato K, Ono S, Yoshioka S, Fukuda H: A comparison of Tc-99m HMPAO brain SPECT images of young and aged normal individuals. Ann Nucl Med 12:333-339, 1998.

5) Imran MB, Kawashima R, Sato K, Kinomura S, Ono S, Qureshy Q, Fukuda H: Detection of CBF deficits in neuropsychiatric disorders by an expert system: A 99mTc-HMPAO brain SPECT study using automated image registration. Nucl Med Commun 20:25-32, 1999.

6) Imran MB, Kawashima R, Awata S, Sato K, Kinomura S, Ono S, Yoshioka S, Sato M, Fukuda H: Parametric mapping of cerebral blood flow deficits in Alzheimer's disease: A SPECT study using HMPAO and image standardization technique. J Nucl Med 40: 244-249, 1999.

7) Imran MB, Kawashima R, Awata S, Sato K,

Kinomura S, Ono S, Sato M, Fukuda H. Tc-99m HMPAO SPECT in the evaluation of Alzheimer's disease: correlation between neuropsychiatric evaluation and CBF images. J Nurol Neurosurg Psychiat 66, 1-4, 1999.

2. 学会発表

1) Babar MB, 栗田主一, 木之村重男, 福田 寛: SPECT/99mTc-HMPAO による初期アルツハイマー病の脳血流分布の検討: Automated Image Registration (AIR)による解剖学的標準化解析. 第40回日本老年医学会. 1998, 福岡

2) 木之村重男, Imran MB, 福田 寛: SPECT/99mTc-ECD による脳血流分布の加齢変化の検討: SPM96による相関解析. 第40回日本老年医学会. 1998, 福岡

3) Imran MB, Kawashima R, Awata S, et al.: CBR of left parietal region and its correlation with disease severity in Alzheimer's patients. 第38回日本核医学会, 1998, 高松

4) 杉浦元亮, 川島隆太, 木之村重男他: 鬱病患者の無痙攣電撃療法に伴う脳血流変化-^{99m}Tc-HMPAO-SPECT study. 第38回日本核医学会, 1998, 高松.

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

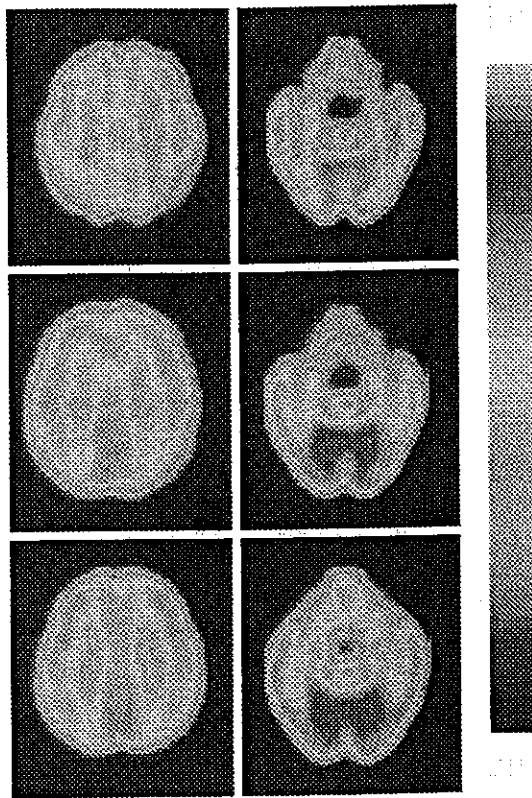


図-1 AD完患者の平均脳血流
上段：重度AD患者 (CDR ≥ 2)
中段：軽症AD患者(CDR ≤ 1)
下段：健常老人

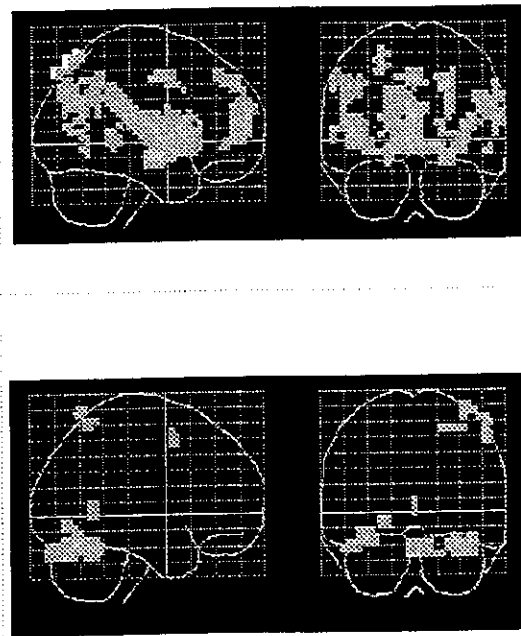


図-2 ADの脳血流低下部
上段：健常—AD
下段：重症AD—軽症AD

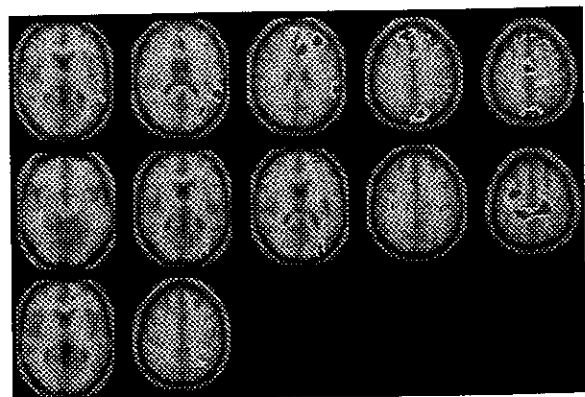


図2 難治性うつ病患者の無痙攣電撃療法前後の脳血流の変化
上段：治療直後—治療直前、中段：治療3ヵ月後—直前、下段：治療3ヵ月後—直後

FDG-PET を用いた痴呆の診断 -弾性モデルに基づく ROI 自動設定システムを用いて-

大山雅史（日本医科大学第二内科助手）

アルツハイマー病については、脳CTや脳MRIなどの形態画像では異常が認められない時期に、PETやSPECTを用いて測定された側頭頭頂葉の代謝や血流の低下が指摘されている。アルツハイマー病では脳糖代謝が側頭葉、頭頂葉において低下しているというこれまでの報告はほぼ一致しており、他の痴呆性疾患や健常老人とは異なる特徴的な脳代謝分布をとることが示されている。弾性モデルに基づくROI自動設定システムを用いて、正常例と、アルツハイマー病の比較を行った。また、記憶に関係したテストと各領域の糖代謝（SUV値）の関連を検討したところ、同一カテゴリーの物品の列挙と左右の下頭頂葉と、上、中、下側頭葉の間に相関が見られた。

弾性モデルに基づくROI自動設定システムを用いると、アルツハイマー型痴呆で障害された側頭頭頂葉における糖代謝の低下を検出でき、ROIの設定時間が短くて済み臨床的に有用であった。

キーワード：痴呆，アルツハイマー，弾性モデル，PET，SPECT

A. 研究目的

痴呆の鑑別診断や、病態把握に脳血流や脳代謝の測定は臨床症状，神経心理検査，CT，MRI，EEGなどと並んで，重要な検査項目になっている。

アルツハイマー病，ピック病，進行性核上性麻痺，皮質基底核変性症，び慢性レビー小体病などの痴呆を呈する疾患ごとにある程度共通した脳血流分布画像が得られることが指摘されている。アルツハイマー病については，脳CTや脳MRIなどの形態画像では異常が認められない時期に，

PETやSPECTを用いて測定された側頭頭頂葉の代謝や血流の低下が指摘されている¹⁾。

アルツハイマー型痴呆では脳糖代謝が側頭葉，頭頂葉において低下しているというこれまでの報告はほぼ一致しており，他の痴呆性疾患や健常老人とは異なる特徴的な脳代謝分布をとることが示されている。これを元に，アルツハイマー型痴呆の糖代謝画像を用いて，その分布から自動的に診断を行う試みがされている。これまで報告された方法は，標準脳に変形するアルゴリズムを用いている場合が多い^{2)・3)}。大きな解剖学的変形がなければ，疾患のある患者でも個々の異なる形

の脳を標準脳に変形して、PIXEL BY PIXEL で、解析できる可能性を示している。しかし、Statistical parametric map (SPM)などで代表されるこれらの方法は、標準脳に近い形態の脳での解析が可能だが、アルツハイマーでは病期が進むにつれて、脳の局所的萎縮が進むため適さない可能性がある。弾性モデルに基づく ROI 自動設定システム⁴⁾を用いて、アルツハイマー病の自動診断を目指して基礎的な解析を行った。

B. 研究方式

対象は、正常人10例(55.2±11.74才)、アルツハイマー病21例(60.57±10.36才)である。

以下の如く PET を用いて糖代謝を測定し評価を行った。

PET装置は、Headtome IV(島津社製)を用い、PETによるグルコース代謝の測定を行った。

8分間の transmission scan の後、F-18 FDG 150Mbq を静脈注射後、45分より12分間の Emission scan を施行し、半定性グルコース代謝評価、(SUV 値を算出)を行った。

画像解析は、ワーステーション(Silicon Graphics 社製 Indy)上に機能画像を転送し、SPM95を用い、健常者について、標準脳への変換を行い、症例ごとの変換の妥当性を検討した。

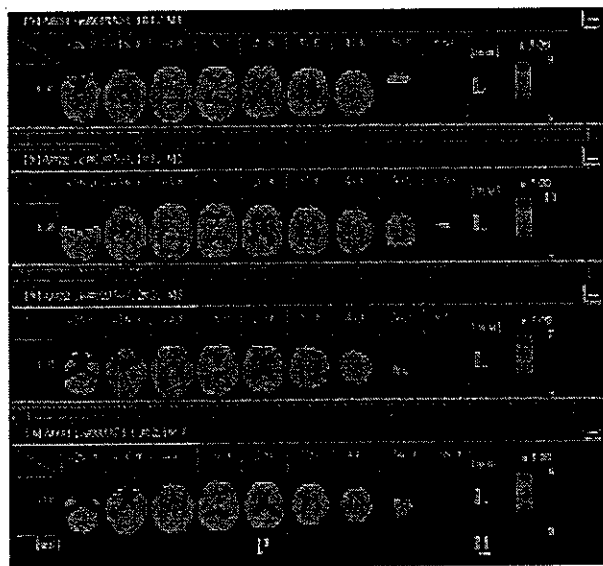
つぎに、弾性モデルに基づく ROI 自動設定システムを用いて、これらの画像に円形の関心領域(ROI)を設定した。パーソナルコンピュータ上で統計ソフト(JMP, stat view)を用いて統計処理を行った。

知的機能評価として、患者の知的機能評価については、記憶に関する検査を含む長谷川式簡易知的機能評価スケール(HDS-R)を用いた。HDS-Rの中の記憶に関係したテストと各領域の関連を検討した。(同一カテゴリーの物品の列挙 評価0-5段階)またすべての被験者から、書面にて informed consent を得た。

C. 研究結果

1. SPM95 を用いた解剖学的標準化

SPM95を用い、標準脳へ変換した場合、高齢者では、前後径が短くなる、前頭葉の下部の形状が標準脳に合致しないなどの症例が見られた。側頭頭頂葉においての評価に影響するものと思われる(下図)。



図： 上から28歳、25歳、88歳、81歳の神経学的に異常を認めない症例についてSPM95を使用し、標準脳へ変換した。側頭頭頂葉のスライス(AC-PC+44.0mm, 図で右から3個目の升目)でも下の2症例(健常高齢者)では、前後径が短く変換されている。

2. 弾性モデルを用いてROIを設定し、評価したところ、正常例とアルツハイマー例において、糖代謝(SUV 値)で最も差が大きかったのは、下頭頂葉であり、側頭葉や前頭葉の各部にも有意な差が認められた(次表)。

ROI	Normal		Alzheimer	
	mean	SD	mean	SD
Mid. Temporal Gy._r	6.78	1.87	3.91*	1.17
Mid. Temporal Gy._l	6.78	1.94	4.07*	1.38
Inf. Temporal Gy._r	6.64	1.85	4.06*	1.24
Inf. Temporal Gy._l	6.18	1.78	4.06*	1.33
Inf. Parietal L._r	7.25	2.08	4.05*	1.34
Inf. Parietal L._l	6.87	1.74	3.97*	1.24
Sup. Frontal Gy._r	6.61	1.76	4.47*	1.30
Sup. Frontal Gy._l	6.67	1.70	4.41*	1.23
Mid. Frontal Gy._r	6.97	1.73	4.38*	1.24
Mid. Frontal Gy._l	7.12	1.73	4.51*	1.27

* : p < 0.05

また、差が小さかったのは、小脳虫部、小脳半球、橋、基底核、視床、運動感覚野であった(下表)。

ROI	Normal		Alzheimer	
	mean	SD	mean	SD
Cerebellum_r	5.82	1.66	4.42	1.21
Cerebellum_l	5.58	1.54	4.45	1.16
Pons_r	4.95	1.28	3.75	1.09
Pons_l	4.82	1.57	3.53	1.02
Vermis_r	5.60	1.84	4.48	1.34
Vermis_l	5.34	1.72	4.59	1.43
Putamen_r	7.08	2.10	4.97	1.57
Putamen_l	7.38	2.61	5.54	1.55
Thalamus_r	7.11	2.09	4.85	1.51
Thalamus_l	6.91	2.34	4.93	1.51
Motorsensory Ctx._r	6.95	1.80	4.94	1.25
Motorsensory Ctx._l	6.79	1.88	4.95	1.22

3. 記憶に関係したテストと各領域の糖代謝(SUV 値)の関連を検討したところ、同一カテゴリーの物品の列挙と左右の下頭頂葉(左 r=0.771, p=0.0002, 右 r=0.586, p=0.0032)と、

上, 中, 下側頭葉の間に相関が見られた。(Spearman ranked correlation test)

	ρ	p
Inf. Temp. R	0.771	0.0002
Inf. Temp. L	0.586	0.0032
Mid. Temp. R	0.784	0.0002
Mid. Temp. L	0.679	0.0011
Sup. Temp. R	0.726	0.0005
Sup. Temp. L	0.637	0.0023
Inf. Parietal R	0.728	0.0005
Inf. Parietal L	0.768	0.0002
Para Hippocampus R	0.545	0.009
Para Hippocampus L	0.555	0.0078

D. 考察

アルツハイマー型痴呆では脳糖代謝が側頭葉、頭頂葉において低下しているというこれまでの報告はほぼ一致しており、他の痴呆性疾患や健康老人とは異なる特徴的な脳代謝分布をとることが示されている。弾性モデルに基づく ROI 自動設定システムを用いると、アルツハイマー型痴呆で障害された側頭頭頂葉における糖代謝の低下を比較でき、谷崎らが報告したように ROI の設定時間が短くて済み⁴⁾ 臨床的に有用であった。

SPMを用い、標準脳へ変換した場合、高齢者では、前後径が短くなる、前頭葉の下部の形状が標準脳に合致しないなどの症例が見られた。特に、側頭頭頂葉に相当する脳の高い位置で前後径が短く変換される例があり、PIXEL BY PIXEL で解析した場合、側頭頭頂葉においての評価に影響するものと思われる。

記憶に関係したテストと各領域の糖代謝(SUV 値)の関連を検討したところ、同一カテゴリーの物品の列挙と左右の下頭頂葉(左 r=0.771, p=0.0002, 右 r=0.586, p=0.0032)と、上, 中, 下側頭葉の間に相関が見られたが、これまでの PET activation study の報告⁵⁾ などから、側頭葉の各部分は、与えられた語をそれぞれの category に分類する時に賦活されるなど、意味記憶の貯蔵

や想起に関連しているという仮説が立てられており、この説に compatible な結果と考えられ、アルツハイマー病の記憶障害を検討する上で重要な知見と考えられた。

E. 結論

弾性モデルに基づく ROI 自動設定システムを用いると、アルツハイマー型痴呆で障害された側頭頭頂葉における糖代謝の低下を比較でき、ROI の設定時間が短くて済み臨床的に有用であった。

記憶に関係したテストと各領域の糖代謝 (SUV 値) の関連を検討したところ、同一カテゴリーの物品の列挙と左右の下頭頂葉と、上、中、下側頭葉の間に相関が見られた。

F. 引用文献

- 1) Heiss WD, Szekely B, Kessler J, et al: Abnormalities of energy metabolism in Alzheimer's disease studied with PET. *Ann N Y Acad Sci* 640: 65-71, 1991.
- 2) Kumakura Y, Momose T, Oku S, Ohtake T, Nishikawa J, Sasaki Y: Analysis of cerebral blood flow SPECT imaging on standard brain atlas in patients with dementia of Alzheimer type. *Japanese Journal of Nuclear Medicine* 35: 29-32 1998.

- 3) Minoshima S, Frey KA, Koeppe RA, et al: A diagnostic approach in Alzheimer's disease using three-dimensional stereotactic surface projections of fluorine-18-FDG PET. *J.Nucl Med* 36: 1238-48, 1995.

- 4) Tanizaki N, Okamura T, Senda M, Toyama H, Ishii K: New semi-automatic ROI setting system for brain PET images based on elastic model. *Japanese Journal of Nuclear Medicine* 10: 1157-66, 1994.

- 5) Wise R, Hadar U, Howard D, Patterson K: Language activation studies with positron emission tomography. *Ciba Found Symp* 163: 218-28; 1991.

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

1. 大山雅史 北村伸 三品雅洋 片山 泰朗 千田道雄 外山比南子 織田圭一 谷崎直昭 : FDG-PET を用いた痴呆の診断 -弾性モデルに基づく ROI 自動設定システムを用いて-. 第 40 回日本神経学会総会, 1999

機能的画像と解剖的画像の統合、および定量的画像解析による 高齢者脳機能の評価に関する研究

石垣武男（名古屋大学医学部教授）

高齢者の脳FDG-PET検査にエミッショントランスミッション同時収集法を応用し、ファントームを用いた基礎基礎的な検討を行うとともに、物忘れ、痴呆を主訴とする高齢患者の撮像を行った。従来法と比較検討をしたところ、短時間で良好な画像撮影が可能であり高齢者脳神経疾患のポジトロンCT検査に適した方法と考えられた。

A. 研究目的

FDG-PETは高齢者の脳神経疾患の診療、研究に有用であり、広く用いられるようになってきている。一方で検査時間が約80分と長いこと、疾患を有する高齢者には苦痛が多く、体動による画質劣化を生じたり、途中で中止となることもある。近年開発され、全身腫瘍PETに利用されているエミッショントランスミッション同時収集法を高齢者脳FDG-PETに応用し、その有用性と技術的な問題を評価する事を目的とした。

B. 研究方法

基礎的な検討として脳ファントームを用いて画質の評価を行った。通常の高濃度のF-18を注入したファントームを経時的にエミッショントランスミッション同時収集法を用いて撮像し、トランスミッションデータに及ぼす被写体の放射能の影響につき検討した。またエミッションデータに及ぼすトランスミッション線源の影響につき検討するため、コールドファントームを同時収集モードで撮影し、エミッションデータの評価を行った。

臨床研究として物忘れ、痴呆を主訴とする高齢患者12症例を対象として、F-18-FDGによる脳PETスキャンを施行した。まずトランスミッショ

ンスキャンを行った後、FDGを投与し、従来法による60分間のエミッションスキャンを行った。引き続き20分間の同時収集を行ない、従来法の画像と比較検討を行った。

C. 研究結果

基礎的な検討においてファントームの画像は従来法、同時収集法の間で分布に差を認めなかった。高濃度のファントームにおいても画像を劣化させるようなアーチファクトは認めなかった。コールドファントームを同時収集モードで撮影した実験でも、エミッションデータに明らかな異常カウントは検出されなかった。

臨床研究では従来法がトランスミッション開始からエミッション終了までの検査時間が70から80分であったのに対し、同時収集法では20分で収集を終えることができた。全症例において従来法と同時収集法の間で分布像に明らかな差は見られず、良好な画像が同時収集法でも得られたが、同じ収集時間の従来法と比較すると、トランスミッションカウントのマスクによる総収集カウントの減少により、軽度のS/Nの悪化が見られた。

D. 考察

同時収集法はFDG-PET検査の検査所要時間を

大幅に短縮することが可能であり、長時間の静止が困難な高齢脳神経疾患症例に適していると考えられた。軽度の S/N の低下が見られるものの収集時間の若干の延長により充分補えるものであり、従来の 20 分間エミッションスキャンに相当する画像は、25 分程度の同時収集により得られると思われる。また同時収集の利点は時間短縮のみならず、トランスミッションとエミッションスキャンの間の位置ずれも生じないため、アーチファクトも生じにくいと考えられ、実用面での画質の向上が期待できる。

E. 結論

高齢者の脳 FDG-PET 検査にエミッショントランスミッション同時収集法を採用し、従来法との比較検討を行ったところ、短時間で良好な撮像が可能であり、高齢者脳 FDG-PET に適した方法であると考えられた。

F. 研究発表

論文発表

なし

学会発表

PET におけるトランスミッションエミッション同時収集法の検討. 加藤克彦、田所匡典、石垣武男、他第 27 回断層映像研究会. 1998 年 10 月浜松.

G. 知的所有権の取得状況

特許取得

なし

実用新案登録

なし