臨床技術

¹²³I-FP-CIT SPECT における画像再構成方法が
定量性と診断能に与える影響亀井山弘晃¹ 松友紀和² 長木昭男¹ 山尾房枝³論文受付
2016 年 1 月 13 日論文受理
2016 年 5 月 19 日

Code No. 300

¹ 倉敷中央病院放射線技術部² 杏林大学保健学部診療放射線技術学科³ 倉敷中央病院神経内科

緒言

¹²³I-N- ω -fluoropropyl-2 β -carboxymethoxy-3 β -(4-iodophenyl) nortropane (¹²³I-FP-CIT) single photon emission computed tomography (SPECT) を用いた線条体イメージングはパーキンソン病やレビー小体型認知症の鑑別診断に有用とされている^{1~3)}。また、¹²³I-FP-CIT の線条体に対する特異的結合を定量的に表した specific binding ratio (SBR) は、鑑別診断を行う際

の客観的診断指標のひとつとして用いられている^{4,5)}。

¹²³I-FP-CIT-SPECT の画像再構成方法について欧米のガイドラインでは、フィルタ補正逆投影(filtered back projection: FBP)法や逐次近似画像再構成の一種であるサブセット化期待値最大化(ordered subsets expectation maximization: OSEM)法を使用し、減弱補正(attenuation correction: AC)を行うことが推奨されており^{6,7)}、国内ガイドラインでは散乱線補正(scatter

Effect of Reconstruction Strategies for the Quantification and Diagnostic Accuracy of ¹²³I-FP-CIT SPECTHiroaki Kameiyama,^{1*} Norikazu Matsutomo,² Akio Nagaki,¹ and Fusae Yamao³¹ Department of Radiological Technology, Kurashiki Central Hospital² Department of Medical Radiological Technology, Faculty of Health Sciences, Kyorin University³ Department of Neurology, Kurashiki Central Hospital

Received January 13, 2016; Revision accepted May 19, 2016

Code No. 300

Summary

Purpose: This study evaluates the effect of reconstruction strategies for the quantification and diagnostic accuracy of ¹²³I-FP-CIT SPECT. **Methods:** We evaluated the quantification of ¹²³I-FP-CIT SPECT obtained by several combinations of reconstruction using the striatal phantom. The phantom images were reconstructed using FBP and OSEM with/without attenuation correction (AC) and scatter correction (SC). We calculated the specific binding ratio (SBR) using volume of interest (VOI) analysis on each reconstructed images. For the clinical study, 40 patients who underwent ¹²³I-FP-CIT SPECT were selected. We grouped the patients into the normal binding group and decreased binding group according to their clinical diagnosis. The clinical images were reconstructed under the same conditions as the phantom study. The SBRs were calculated, and a receiver operating characteristic (ROC) analysis was performed to evaluate the diagnostic accuracy. **Results:** The SBRs with AC and SC significantly increased compared with no corrections. In the clinical study, although ROC analysis showed no significant difference in the all combinations of reconstruction, the area under the curve using SC and AC tended to be higher than that obtained by other reconstruction. **Conclusions:** Quantification of ¹²³I-FP-CIT SPECT was affected by reconstruction strategies. In addition, both the AC and SC improved the diagnostic accuracy of ¹²³I-FP-CIT SPECT. Our results suggest that both the AC and SC are recommended for the improving the quantification and diagnostic accuracy in ¹²³I-FP-CIT SPECT.

Key words: receiver operating characteristic analysis, ¹²³I-FP-CIT SPECT, reconstruction, image correction

*Proceeding author

correction: SC)の使用も推奨されている⁴⁾。また、近年では線源とコリメータの距離による空間分解能の劣化を補正するコリメータ開口補正を構造した OSEM 法も使用されている。このように SPECT の画像再構成にはさまざまなパラメータが存在し、これらの画像再構成方法の組み合わせによって¹²³I-FP-CIT SPECT の画質や定量性は大きく変化することが報告されている^{8~10)}。Koch らは OSEM 法を用いることで、FBP 法と比較して画質と定量性が向上すると報告している⁸⁾。また、Bienkiewicz らは FBP 法と OSEM 法にそれぞれ異なる AC を用いることで、定量性が大きく変化することを報告している⁹⁾。このように画像再構成方法と定量性に関する報告は海外論文に見受けられるが、画像再構成方法が¹²³I-FP-CIT SPECT の定量性と診断能に与える影響について、より詳細な検討が必要と考える。また、SBR は正常値と異常値の鑑別を行う上で重要な指標となることから、画像再構成方法が SBR に与える影響を明らかにし、画像再構成方法ごとに適切なカットオフ値を規定することは重要な意味を持つと考えられる。

本研究の目的は、¹²³I-FP-CIT SPECT における画像再構成方法が定量性と診断能に与える影響を明らかにし、最適な画像再構成方法を確立することである。われわれは、画像再構成方法として FBP 法とコリメータ開口補正を構造した OSEM (OSEM_{RR}) 法、補正方法に AC、SC を使用し、これらの組合せによって画像再構成を行ったファントムデータを用いて SBR を評価した。更に臨床データを用いて画像再構成方法と診断能との関係を ROC 解析から評価した。

1. 方法

1-1 使用機器および収集処理条件

SPECT/CT 装置は低中エネルギー汎用型コリメータ (low-to medium-energy general-purpose: LMEGP) を装着した SymbiaT2 (Siemens Healthcare) を使用した。マトリックスサイズは 128×128、ピクセルサイズは 3.3 mm、収集方式は 180° 対向検出器による円軌道 360° 連続回転収集、投影データ数は 120 方向、3 min/cycle の 40 分収集を行った。エネルギーウィンドウは 159 keV±10.5% とした。減弱補正用の低線量 CT の撮像条件は、X 線管電圧: 130 kV、X 線管電流: CT-AEC (quality reference mA second: 50 mAs)、X 線管回転速度: 0.8 s/rotation、コリメーション: 2.5 mm×2 列、スライス厚: 5 mm、ピッチファクタ: 0.95 とした。

画像再構成方法は FBP 法および OSEM_{RR} 法を用い

た。FBP 法には前処理フィルタとして Butterworth フィルタ (次数: 8, 遮断周波数: 0.45 cycles/cm) を使用した。OSEM_{RR} 法はサブセット数を 6, イタレーション回数を 15 とし、後処理フィルタとして Gaussian フィルタ (FWHM: 6.6 mm) を使用した¹¹⁾。減弱補正には Chang 法と X 線 CT を用いた方法 (CT attenuation correction: CTAC) を用いた。Chang 法における線減弱係数 (μ 値) の設定は、散乱線補正なしの場合はプールファントムを用いた事前実験により最適化した値、 0.09 cm^{-1} を用い、散乱線補正ありの場合は理論値より 0.146 cm^{-1} とした。なお、CTAC は OSEM_{RR} 法にのみ使用した。散乱線補正には Multi energy window (MEW) 法を用い、メインウィンドウの両端 7% をサブウィンドウに設定した¹²⁾。

1-2 ファントム評価

1-2-1 ファントムデータ

線条体ファントムには DaT1308 型 (NMP ビジネスサポート株式会社) を使用した。ファントムの放射能濃度は 8:4:1 になるよう¹²³I 水溶液を右線条体に 40.36 kBq/mL、左線条体に 20.25 kBq/mL、脳実質 (バックグラウンド) 部分に 4.96 kBq/mL を封入した。ファントムデータは、40 分収集データから時相の異なる 30 分収集データを 5 セット (0~30 分, 3~33 分, 5~35 分, 7~37 分, 10~40 分) 作成し画像再構成を行った。画像再構成方法の組み合わせは、①FBP, ②FBP+Chang, ③FBP+Chang+SC, ④OSEM_{RR}, ⑤OSEM_{RR}+Chang, ⑥OSEM_{RR}+Chang+SC, ⑦OSEM_{RR}+CTAC+SC, 計 7 種類とした。

1-2-2 評価項目

各ファントムデータから SBR を算出し、各画像再構成データの定量性を評価した。SBR の算出には Tossici-Bolt らが報告した方法⁵⁾ (Tossici-Bolt 法) を採用した解析ソフトウェア DaTview (日本メジフィジックス株式会社) を使用した。Tossici-Bolt 法による SBR は、線条体に設定した関心領域 (region of interest: ROI) および立体的関心領域 (volume of interest: VOI) とバックグラウンドとの比により求める。算出式を次に示す。

$$\text{SBR} = (1/V_s) \{Ct_{\text{VOI}}/Cr - V_{\text{VOI}}\}$$

V_s : 線条体体積

Ct_{VOI} : 線条体 VOI の総カウント

Cr : 参照領域 (脳全体) の単位体積当たりのカウント

V_{VOI} : 線条体 VOI の体積

各種再構成データごとに算出した SBR の 5 回平均

Table 1 Clinical diagnosis of subjects

NB groups		DB groups	
Alzheimer's disease	2	Parkinson's disease	22
Drug-induced Parkinsonism	2	Progressive supranuclear palsy	4
Essential tremor	1	Multiple system atrophy	3
Wilson disease	1	Dementia with Lewy bodies	3
Healthy control	2		

値を右, 左それぞれ SBR_R , SBR_L , 左右平均値を SBR_M とし, 画像再構成方法の違いによる SBR の変化を評価した.

1-3 臨床評価

1-3-1 患者背景および評価データ

対象は診断目的で ^{123}I -FP-CIT SPECT を実施した臨床 40 症例(男性: 17 例, 女性: 23 例, 平均 69 ± 12 歳)で, パーキンソン病(Parkinson's disease: PD)22 例, 進行性核上性麻痺(progressive supranuclear palsy: PSP)4 例, 多系統萎縮症(multiple system atrophy: MSA)3 例, レビー小体型認知症(dementia with Lewy bodies: DLB)3 例, アルツハイマー病(Alzheimer's disease: AD)2 例, 薬剤性パーキンソン症候群(drug-induced Parkinsonism: DIP)2 例, 健常例(healthy control)2 例, 本態性振戦(essential tremor: ET)1 例, ウilson 病(Wilson disease)1 例である. この 40 症例を ^{123}I -FP-CIT SPECT の集積が正常集積を示すことが予測される(normal binding: NB)群と集積低下が予測される(decreased binding: DB)群に診断結果を基に分類した^{4, 13)} (Table 1). 分類は当院神経内科医師による診断結果を用いており, ^{123}I -FP-CIT SPECT の集積結果は考慮していない. なお, 本検討は当院倫理委員会の承認を得たものであり, 患者の診断結果および画像データの個人情報とは本検討においてのみ扱うものである.

すべての患者に対して ^{123}I -FP-CIT 167MBq を静脈投与し, 投与後 3 時間後から撮像を行った. データ収集後, 続けて頭部低線量 CT を撮像した. 画像再構成方法はファントム評価同様に, ①FBP, ②FBP+Chang, ③FBP+Chang+SC, ④OSEM_{RR}, ⑤OSEM_{RR}+Chang, ⑥OSEM_{RR}+Chang+SC, ⑦OSEM_{RR}+CTAC+SC, 計 7 種類とした.

1-3-2 診断能の評価

各種再構成データに対し, ファントム評価同様に患者ごとの SBR (SBR_C) を算出し, NB 群と DB 群それぞれの SBR_C を比較した. 診断能の評価には receiver operating characteristic analysis (ROC 解析) を用い

た. 解析ソフトウェアには Easy R を使用した¹⁴⁾. 患者ごとの SBR_C を入力, 診断結果(NB 群または DB 群)を出力とし, ROC 曲線下の面積(area under the curve: AUC)値から診断能を再構成方法間で比較した. また, 再構成方法ごとの最適なカットオフ値は, ROC 曲線において感度と偽陽性率が共に最大となるときの SBR とした.

1-4 統計解析

ファントム評価における SBR_M , また臨床評価における SBR_C の再構成方法間の比較は Tukey 法による多重比較検定を行った. SBR_C の NB 群と DB 群間の比較はマン・ホイットニーの U 検定を行った. 各検定における統計学的有意水準は, 危険率 5%未満とした.

2. 結果

2-1 ファントム評価

再構成方法ごとの SBR_R , SBR_L , SBR_M の結果を Table 2 に示す. SBR_R , SBR_L ともに AC と SC を加えることで SBR は上昇する傾向を示した. FBP 法における SBR_M は, FBP で 7.38 ± 0.07 , FBP+Chang で 9.42 ± 0.09 , FBP+Chang+SC で 11.36 ± 0.07 となり, AC および SC を加えることで SBR_M は有意に上昇した. OSEM 法における SBR_M は, OSEM_{RR} で 5.93 ± 0.24 , OSEM_{RR}+Chang で 8.24 ± 0.30 , OSEM_{RR}+Chang+SC で 10.01 ± 0.23 , OSEM_{RR}+CTAC+SC で 7.92 ± 0.14 となり, FBP 法と同様に OSEM_{RR} 単独に比べ, AC および SC を加えることで SBR_M は有意に上昇した. また, AC は Chang 法を用いた方が CTAC と比較して SBR_M は有意に高値を示した. FBP 単独と OSEM_{RR} 単独の SBR_M に有意差が認められた.

2-2 臨床評価

再構成方法ごとの SBR_C の分布を NB 群と DB 群ごとに Figure に示す. SBR_C の平均値は FBP で NB 群: 4.61 ± 1.30 , DB 群: 2.34 ± 0.83 , FBP+Chang で NB 群: 6.32 ± 1.27 , DB 群: 3.74 ± 0.86 , FBP+Chang+SC で NB 群: 9.15 ± 1.80 , DB 群: 5.31 ± 1.25 , OSEM_{RR} で NB

Table 2 Comparison of SBR_L , SBR_R and SBR_M

Combinations of reconstruction	SBR_R (mean $\pm$ SD)	SBR_L (mean $\pm$ SD)	SBR_M (mean $\pm$ SD)
FBP	9.70 $\pm$ 0.07	5.07 $\pm$ 0.08	7.38 $\pm$ 0.07
FBP+Chang	12.00 $\pm$ 0.07	6.84 $\pm$ 0.14	9.42 $\pm$ 0.09
FBP+Chang+SC	14.76 $\pm$ 0.12	7.96 $\pm$ 0.12	11.36 $\pm$ 0.07
OSEM _{RR}	8.21 $\pm$ 0.25	3.64 $\pm$ 0.25	5.93 $\pm$ 0.24
OSEM _{RR} +Chang	10.89 $\pm$ 0.33	5.59 $\pm$ 0.28	8.24 $\pm$ 0.30
OSEM _{RR} +Chang+SC	13.54 $\pm$ 0.34	6.48 $\pm$ 0.21	10.01 $\pm$ 0.23
OSEM _{RR} +CTAC+SC	11.21 $\pm$ 0.14	4.62 $\pm$ 0.16	7.92 $\pm$ 0.14

The SBR_M was not significantly different between OSEM_{RR}+Chang and OSEM_{RR}+CTAC+SC. Without that, the SBR_M of all combinations of reconstruction showed significantly difference. n.s.: not significant

Figure Comparison of SBR_c between the normal binding (NB) groups and decreased binding (DB) groups. The SBR_c of all combinations of reconstruction in NB groups were significantly higher than those in DB groups (*: $P < 0.05$).

群: 4.55 ± 1.45 , DB 群: 2.15 ± 0.90 , OSEM_{RR}+Chang で NB 群: 6.30 ± 1.36 , DB 群: 3.54 ± 0.91 , OSEM_{RR}+Chang+SC で NB 群: 9.19 ± 1.97 , DB 群: 5.12 ± 1.32 , OSEM_{RR}+CTAC+SC で NB 群: 6.89 ± 1.68 , DB 群: 3.21 ± 1.13 となった。 SBR_c の平均値はすべての再構成方法において NB 群と DB 群に有意差が認められた。 FBP 法については、FBP 単独に比べて AC および SC を加えることで SBR_c の分布は上昇し、平均値に有意差が認められた。 OSEM_{RR} 法についても同様に、OSEM_{RR} 単独に比べて AC, SC を加えることで SBR_c の分布は上昇し、平均値に有意差が認められた。 また、AC は Chang 法を用いた方が CTAC と比較して SBR_c の平均値は有意に高値を示した。 FBP 単独と OSEM_{RR} 単独の SBR_c の平均値に有意差は認められなかった。

再構成方法ごとの ROC 解析の結果を Table 3 に示す。 AUC 値は、各再構成方法で有意差はみられな

かったが、FBP 法および OSEM_{RR} 法ともに AC や SC を加えることで高値となる傾向を示した。 また、各再構成方法のカットオフ値は、FBP で 3.67, FBP+Chang で 5.09, FBP+Chang+SC で 6.88, OSEM_{RR} で 3.45, OSEM_{RR}+Chang で 4.68, OSEM_{RR}+Chang+SC で 6.94, OSEM_{RR}+CTAC+SC で 4.85 を示した。

3. 考 察

¹²³I-FP-CIT SPECT による鑑別診断は、視覚評価に加えて定量評価が重要である。画質や定量性は、画像再構成方法によって大きく変化するため、これらの影響を評価することは重要な意味を持つと考える。本検討ではファントムと臨床データを用い、画像再構成方法が定量指標である SBR と診断能に与える影響を評価した。 SBR は画像再構成方法ごとに変化し、AC と SC を加えることで有意に上昇した (Table 2, Figure)。

Table 3 The AUC, sensitivity, specificity and cut-off values obtained by ROC analysis

Combinations of reconstruction	AUC	Sensitivity	Specificity	Cut off value
FBP	0.96	0.92	0.95	3.67
FBP+Chang	0.98	0.93	0.95	5.09
FBP+Chang+SC	0.99	0.96	0.96	6.88
OSEM _{RR}	0.96	0.85	0.95	3.45
OSEM _{RR} +Chang	0.98	0.96	0.94	4.68
OSEM _{RR} +Chang+SC	0.99	0.94	0.95	6.94
OSEM _{RR} +CTAC+SC	0.98	0.96	0.93	4.85

The AUC value of all combinations of reconstruction did not show significantly difference.

また、統計学的な有意差は認められなかったが、ACとSCを行うことでAUC値は向上する傾向にあり、感度と特異度についても高値を示した(Table 3)。

ファントム評価では画像再構成方法が定量性に与える影響を評価した。一般にACでは、減弱が予測される範囲に対し補正係数を乗じることで補正が行われる。本検討ではACを行うことでファントム深部の減弱されたカウント($C_{t_{VOI}}$)が補正され、SBR_Mが上昇したと考えられる。また、Chang法とCTACを比較するとSBR_Mに有意差が認められた(Table 2)。Chang法は基本的に均一吸収体を仮定しており、減弱補正エリアに対し一定の μ 値を用いて補正を行うものである。一方、CTACはCTデータから得られるピクセルごとのCT値から ^{123}I の γ 線エネルギーに応じた μ 値を算出して補正を行うものである。また、減弱補正エリアの設定には、Chang法では閾値法を用いており、頭皮を含むように輪郭抽出を行うことでエリア設定するのに対し、CTACは輪郭設定の必要はなく、FOV内全てが補正エリアとなり得る。このようにChang法とCTACの補正原理の違いや輪郭抽出の再現性の違いがSBR_Mに影響を与えたと考えられる。

一方、SCを行うことでSBR_Mは有意に高値を示した(Table 2)。SCでは測定データから散乱線成分を除去することで線条体と参照領域のコントラストが向上し、SBR_Mが上昇したと考えられる。林らは、脳血流SPECTにAC、SCを用いることでコントラストが向上したと報告している¹⁵⁾。またItoらは、脳血流SPECTにおいてSCを用いることで局所脳血流量測定の定量性が向上したと報告している¹⁶⁾。したがってACおよびSCは、SPECTの信号雑音比(signal-noise ratio: S/N比)を改善すると考えられる。本検討においてもACによりカウントが増幅され、SCによりノイズが除去されたことでSBRが上昇する結果となった。 ^{123}I -FP-CIT SPECTにおいてACとSCは定量性に影響を与える重要なパラメータといえる。

FBP法とコリメータ開口補正を構成したOSEM_{RR}法のSBR_Mに有意差が認められたが(Table 2)、ACやSCを加えることによるSBR_M変化に比べると、その差は軽度であった。岡田らは、コリメータ開口補正により脳深部にある構造物の分解能および定量性が改善されると報告しているが¹⁷⁾、本検討における定量性の改善は認められなかった。その要因としてフィルタ効果があげられる。OSEM_{RR}法には後処理フィルタとしてGaussianフィルタを使用した。岡田らが使用したButterworthフィルタが高周波成分を遮断するのに対し、Gaussianフィルタは信号全体に対して平滑化を行うため、フィルタ効果がコリメータ開口補正の効果を打ち消す方向に働いた可能性があると考えられる¹¹⁾。また、本研究で使用したTossici-Bolt法は、線条体を大きく囲んだVOIを用いることで、部分容積効果の影響を小さくしている⁵⁾。そのため、コリメータ開口補正の効果がVOI内に内包され、SBRへの影響が低減されたと考える。

臨床評価ではファントム評価同様に画像再構成方法が定量性に与える影響を検討し、更に診断能と再構成方法との関係性を評価した。診断結果より分類されたNB群とDB群それぞれのSBR_Cの平均値には、すべての再構成方法において有意差が認められた(Figure)。つまり ^{123}I -FP-CIT SPECTの定量評価を行うことで、再構成方法に関係なく正常集積と集積低下の鑑別が可能であることが確認された。また、画像再構成方法の違いによるSBR_Cの平均値はFBP法、OSEM_{RR}法それぞれ単独での再構成に対して、ACとSCを加えることで有意に上昇し、ファントム評価と同様の結果が得られた。したがって、臨床評価においてもACとSCはSBRに影響を与える重要なパラメータといえる。一方でFBP法とOSEM_{RR}法のSBR_Cの平均値に有意差は認められなかった。臨床評価では、ファントムと異なり症例間差が大きく、Tossici-Bolt法を用いた場合、シルビウス裂や脳室が

参照領域や線条体 VOI 内に含まれることがある。これらが定量値に影響を与え、コリメータ開口補正の効果を低減させたと考える。

ROC 解析において AUC 値は、各再構成方法で有意差はみられなかったが、FBP 法および OSEM_{RR} 法ともに AC や SC を加えることで高値となる傾向を示した。診断能に関する報告では、FBP 法およびコリメータ開口補正を構成した OSEM 法にそれぞれ AC と SC を加えることで視覚的な画質と診断能の向上が得られたことが報告されている¹³⁾。本研究も同様の結果を示しており、¹²³I-FP-CIT SPECT における画像再構成には AC および SC が有用であると考えられる。

一方、SBR のカットオフ値は画像再構成法や補正の有無により大きく変化した (Table 3)。これは再構成パラメータの組合せにより NB 群と DB 群の SBR が変化したためであり、SBR を臨床に用いる際には使用する画像再構成方法に対応したカットオフ値の算出が必要であるといえる。

本研究では、補正の有無による SBR の変化を評価するため、ファントムの放射能濃度をある程度高く設定したが、低濃度では統計学的変動が大きくなる可能性がある。また、臨床評価では SBR と診断能との関係に焦点を当てて評価しており、左右線条体比の評価や画像の視覚評価と診断能との関係については評価していない。今後は画像の視覚評価と診断能の検証も行う必要がある。また、本研究は限定された施設と装

置で行った。SPECT の画質や定量性は画像再構成条件のみならず、使用する装置やアルゴリズムによって変化するため¹⁸⁾、多施設による評価が必要と考える。

4. 結 語

本研究では ¹²³I-FP-CIT SPECT において、異なる画像再構成方法による定量性と診断能について、ファントムデータおよび臨床データを用いて検討した。¹²³I-FP-CIT SPECT の定量評価により、画像再構成方法に関係なく正常集積と集積低下の鑑別が可能であった。また、ファントム評価、臨床評価ともに画像再構成方法ごとに SBR は変化し、AC と SC を加えることで SBR は上昇した。ROC 解析による診断能評価では各再構成方法に有意差は認められなかったが、AC と SC を加えることで診断能が高くなる傾向を示した。¹²³I-FP-CIT SPECT の画像再構成には AC および SC の使用が有用である可能性が高く、使用する画像再構成方法に対応したカットオフ値の算出が必要である。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、ご指導いただきました当院神経内科医師ならびに放射線技術部諸氏に厚く御礼申し上げます。

なお、本論文の内容は第 71 回日本放射線技術学会総会学術大会 (2015 年、横浜) において発表した。

参考文献

- 1) Booij J, Tissingh G, Boer GJ, et al. [123I]FP-CIT SPECT shows a pronounced decline of striatal dopamine transporter labelling in early and advanced Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1997; 62(2): 133-140.
- 2) McKeith I, O'Brien J, Walker Z, et al. Sensitivity and specificity of dopamine transporter imaging with 123I-FP-CIT SPECT in dementia with Lewy bodies: a phase III, multicentre study. *Lancet Neurol* 2007; 6(4): 305-313.
- 3) Benamer TS, Patterson J, Grosset DG, et al. Accurate differentiation of parkinsonism and essential tremor using visual assessment of [123I]-FP-CIT SPECT imaging: the [123I]-FP-CIT study group. *Mov Disord* 2000; 15(3): 503-510.
- 4) 日本核医学会, 日本脳神経核医学研究会編. イオフルパン診療ガイドライン第 1 版. 2014; 3-17.
- 5) Tossici-Bolt L, Hoffmann SM, Kemp PM, et al. Quantification of [123I]FP-CIT SPECT brain images: an accurate technique for measurement of the specific binding ratio. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006; 33(12): 1491-1499.
- 6) Darcourt J, Booij J, Tatsch K, et al. EANM procedure guidelines for brain neurotransmission SPECT using (123)I-labelled dopamine transporter ligands, version 2. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010; 37(2): 443-450.
- 7) Djang DS, Janssen MJ, Bohnen N, et al. SNM practice guideline for dopamine transporter imaging with 123I-ioflupane SPECT 1.0. *J Nucl Med* 2012; 53(1): 154-163.
- 8) Koch W, Hamann C, Welsch J, et al. Is iterative reconstruction an alternative to filtered backprojection in routine processing of dopamine transporter SPECT studies? *J Nucl Med* 2005; 46(11): 1804-1811.
- 9) Bienkiewicz M, Gorska-Chrzastek M, Siennicki J, et al. Impact of CT based attenuation correction on quantitative assessment of DaTSCAN (123I-Ioflupane) imaging in diagnosis of extrapyramidal diseases. *Nuclear Med Rev* 2008; 11(2): 53-58.
- 10) Dickson JC, Tossici-Bolt L, Sera T, et al. The impact of reconstruction method on the quantification of DaTSCAN images. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010; 37(1): 23-35.
- 11) 松友紀和, 田中崇史, 長木昭男, 他. シミュレーションデータを用いた逐次近似画像再構成法に対するノイズ除去処理の検証. *日放技学誌* 2014; 70(8): 773-783.
- 12) Ogawa K, Ichihara T, Kubo A. Accurate scatter correction in single photon emission CT. *Ann Nucl Med Sci* 1994; 7: 145-150.
- 13) Matsutomo N, Nagaki A, Yamao F, et al. Optimization of iterative reconstruction parameters with 3-dimensional resolution recovery, scatter and attenuation correction in ¹²³I-FP-CIT SPECT. *Ann Nucl Med* 2015; 29(7): 636-642.

- 14) Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* 2013; 48(3): 452-458.
- 15) 林万寿夫, 福村勝典, 浅津 輝, 他. 散乱・減弱補正法を用いた局所脳血流量測定法の検討. *核医技* 1997; 17(1): 2-9.
- 16) Ito H, Iida H, Kinoshita T, et al. Effects of scatter correction on regional distribution of cerebral blood flow using I-123-IMP and SPECT. *Ann Nucl Med* 1999; 13(5): 331-336.
- 17) 岡田真美, 林万寿夫, 辻 久志, 他. コリメータ開口補正 OSEM 再構成法の局所脳血流量定量への応用. *日放技学誌* 2012; 68(5): 573-583.
- 18) 松友紀和, 古谷洋晃, 山尾太郎, 他. SPECT データ評価用デジタルファントムを用いた異なる処理装置間の OS-EM 再構成アルゴリズムの比較. *日放技学誌* 2008; 64(11): 1361-1368.

問合せ先

〒710-8602 倉敷市美和 1-1-1

倉敷中央病院放射線技術部 亀井山弘晃