

《原 著》

小児症例の脳血流 SPECT における散乱・減弱補正の意義

足立 至* 土井 健司* 小森 剛* 彭 信義*
 田淵耕次郎* 宇都宮啓太* 松井 律夫* 末吉 公三*
 植林 勇*

要旨 小児例の脳血流 SPECT では大脳皮質、深部灰白質の分別能の低いことが多い。しかし小児例では体動、鎮静剤の使用等の時間的制約から患児の投影データ収集の延長や被曝を伴う透過型 CT (transmission CT) を行うことは困難である。今回われわれは小児例の脳血流 SPECT 画像を改善するため triple-energy-window (TEW) 法によるコンプトン散乱の補正および Chang 法による減弱補正を行い、従来の補正をしない方法と小児 31 例を対象に対比検討した。その結果、各種の補正を加えた方法は補正を加えない従来の方法に比べて、視床、レンズ核等の深部灰白質の描出能が改善し、定量的にも有意な集積の改善が得られ、かつ病巣部の検出も向上した。各種補正を加えることは SPECT 処理時間が延長するが、被検者の負担は従来と同じであり、小児例では望ましい方法と考えられた。

(核医学 35: 1-6, 1998)

I. はじめに

小児例の脳血流 SPECT では大脳皮質、深部灰白質の分別能は成人、高齢者に比べ低いことがしばしばみられる。しかし小児例では体動、鎮静等の時間的制約から患児の投影データ収集の延長や被曝を伴う透過型 CT (transmission CT) を行うことは困難である。今回われわれは撮像時間を延長することなく画質の改善が可能な triple-energy-window (TEW) 法によるコンプトン散乱の補正および Chang 法による減弱補正を行い、従来の補正をしない方法と対比検討したので報告する。

II. 対 象

平成 8 年 1 月から 12 月までの 1 年間に脳血流 SPECT を施行した小児例 31 症例である。年齢は 0 歳から 16 歳、平均年齢 5.0 ± 4.9 歳、男児 9 例、女児 22 例である。疾患は WEST 症候群などのてんかん 19 例、脳血管障害 6 例、腫瘍性病変 2 例、脳炎・髄膜炎 3 例、精神神経疾患 1 例である (Table 1)。

III. 方 法

脳血流 SPECT 製剤として Technetium-99m hexamethylpropylene amine oxime (^{99m}Tc -HMPAO) を使用し、被検者の体重から 185-370 MBq と投与量を考慮した。 ^{99m}Tc -HMPAO を静注後に多くの症例で鎮静剤の静注が必要であり、鎮静後に行えるだけ早く撮像を開始した。使用装置は高分解能ファンビームコリメータを装着した 3 検出器型ガンマカメラ (GCA-9300A/HG) ならびにデータ処理装着 (GMS-5500) である。データ収集は 140

* 大阪医科大学放射線医学教室

受付：9 年 8 月 18 日

最終稿受付：9 年 12 月 15 日

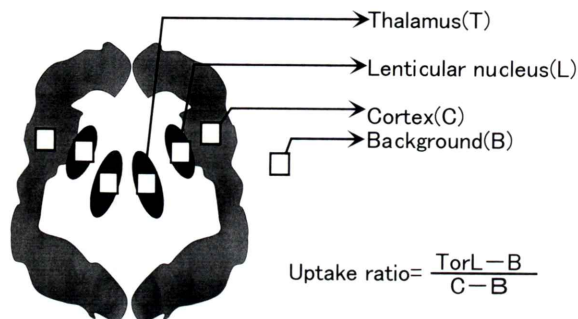
別刷請求先：高槻市大学町 2-7 (☎ 569-8686)

大阪医科大学放射線医学教室

足 立 至

Table 1 Subjects in this study

Disorder	Case No.
Epilepsy	19
Cerebrovascular disease	5
Brain tumor	2
Meningitis	3
Hydrocephalus	1
Psychosis	1
Total	31

**Fig. 1** Schematic display of ROIs.

keV を中心に 20% をメインウィンドウとし、5% のサブウィンドウを低エネルギー側に設定した。原則として 128×128 マトリックス、1 方向 60 秒で 90 方向からのステップ収集とし拡大収集などは行わなかった。SPECT 再構成はメインウィンドウの収集データを前処理として order 8, cut off 値 0.15 前後で最適な Butterworth フィルタをフィルターテストで決めた後、ramp フィルタで 3.4 mm 厚で再構成し、OM line に平行な横断像・冠状断像・矢状断像を得た。この方法は、従来から広く行われている通常の再構成の方法であり、Standard 法 (以下 STD 法) とした。一方、同様の SPECT 収集データからコンプトン散乱を除去するための Triple Energy Window 法による散乱補正と Chang 法による減弱補正 (減弱係数 0.15) を行い、再構成像を得た。この Chang 法は、被検者頭部を従来の円柱状と見なして行うのではなく、減弱マップを作成し閾値で輪郭抽出する方法で、各スライス毎に行った。この方法は散乱・減弱補正を同時に行うので SAC (Scatter and Attenuation

Table 2 Visual interpretation of separation score

	STD	SAC
Lenticular nucl.	1.6±0.5	2.6±0.7
Thalamus	1.5±0.5	2.6±0.6

Table 3 Uptake ratio of basal ganglia comparing STD to SAC methods

	STD	SAC	p value
rt-Lenticular nucl.	1.02±0.16	1.26±0.15	<0.01
rt-Thalamus	0.87±0.22	1.22±0.09	<0.01
lt-Lenticular nucl.	1.01±0.19	1.19±0.14	<0.01
lt-Thalamus	0.89±0.21	1.22±0.13	<0.01

Correction) 法とした。全例で STD 法と SAC 法による再構成を行い、それぞれの画像を視覚的に、大脳基底核の描出能を良好 (3)、通常 (2)、不良 (1) の 3 段階に分けて比較検討し、かつ横断像で大脳皮質と深部基底核に 5×5 pixel の関心領域 (ROI) を設定し、以下の式から視床、レンズ核等の深部基底核の集積比を検討した。

集積比 = (深部基底核 - バックグラウンド) / (大脳皮質 - バックグラウンド)

得られた集積比を、STD 法と SAC 法と対応のある t 検定で統計的に比較検討した (Fig. 1)。

IV. 結 果

SPECT 画像の視覚的判定では、全例で STD 法に比べ SAC 法は深部基底核の描出に優れていたが、病変の検出は両者とも可能であった (Table 2)。集積比は右レンズ核で、STD 法が 1.02±0.16 に対し、SAC 法は 1.26±0.15 と 1% 以下の危険率で有意に高く、右視床では、STD 法が 0.87±0.22 に対し、SAC 法ではさらに 1.22±0.09 と 1% 以下の危険率で有意に高くなった。左レンズ核 (STD 法 1.01±0.19, SAC 法 1.19±0.14, p<0.01) と左視床 (STD 法 0.89±0.21, SAC 法 1.22±0.13, p<0.01) についても同様であった (Table 3)。

症例呈示

症例 1 生後 6 か月の女児。てんかんが疑われ脳血流 SPECT が施行された。STD 法、SAC 法と

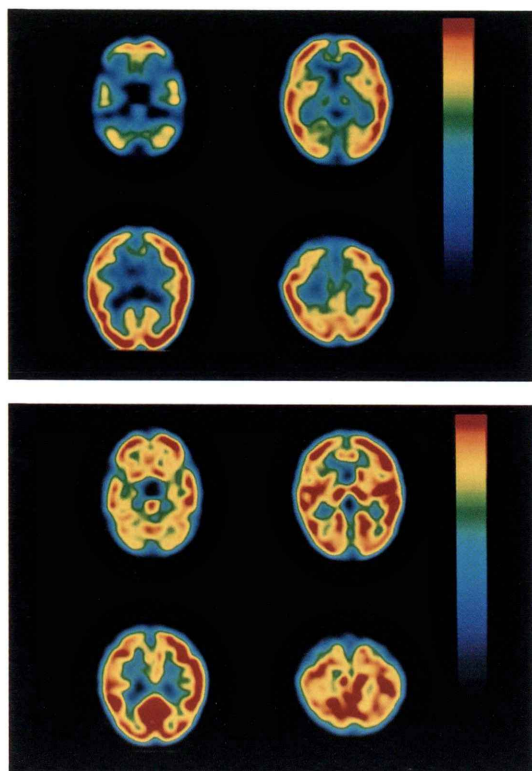


Fig. 2 Normal brain perfusion in a case of suspected epilepsy. Upper: STD method. Lower: SAC method.

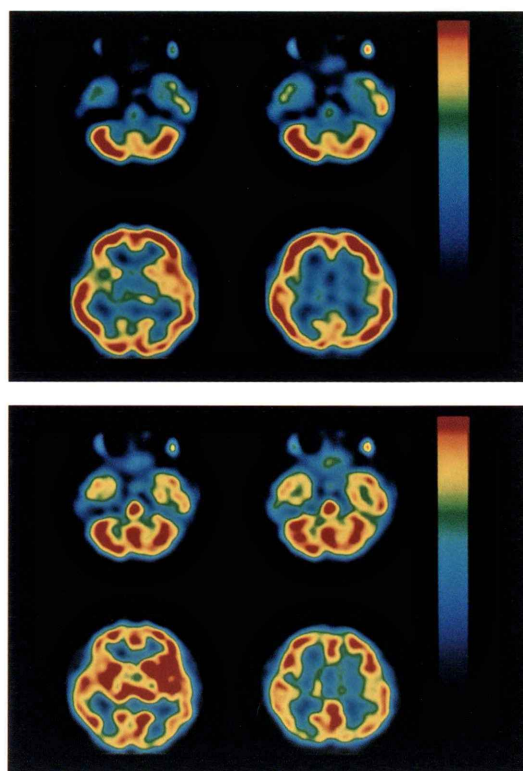


Fig. 3 Decreased rt-temporal perfusion in a case of epilepsy. Upper: STD method. Lower: SAC method.

もに側頭葉も含めて明らかな血流低下は認めなかったが、SAC 法は深部基底核の描出が明らかに優れていた (Fig. 2)。

症例 2 13 歳女子。てんかんの非発作時に撮像。STD 法、SAC 法ともに右側頭葉にも血流低下が見られたが、SAC 法は明らかに深部基底核の明瞭化のみならず、側頭葉内側の血流分布の描出にも優れていた (Fig. 3)。

症例 3 4 歳女子。クモ膜嚢胞。左前方からの圧排により、左レンズ核および視床が右へ圧排変位している様子が STD 法よりも SAC 法で明瞭である。また頭頂葉の血流が STD 法では左が低下してみられるが、SAC 法では左右差がなかった (Fig. 4)。

V. 考 案

コンプトン散乱の補正は、現在では TEW 法が幅広く使用されるようになり、2 核種同時収集のためのみならず通常の SPECT 検査においても広く行われ、 ^{99m}Tc 標識脳血流製剤による SPECT でも使用されるようになった^{1,2)}。一方減弱補正は Sorenson 法、Chang 法があり、脳を均一な減弱体として計算し補正する方法が従来からみられた³⁻⁵⁾。最近では、減弱補正は実際に外部線源を使用しての Transmission CT が欧米を中心に普及しつつあり、個々の症例に応じた減弱補正ができる優れた方法とされている⁶⁻⁸⁾。しかし、Transmission CT は外部線源を用いるための被曝と Transmission データ収集のための時間が必要であり、

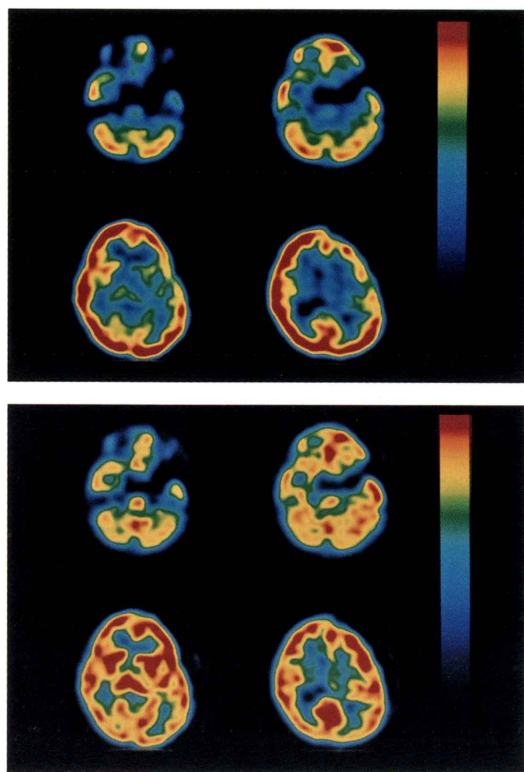


Fig. 4 Lt-temporal perfusion defect in a case of arachnoid cyst. Upper: STD method. Lower: SAC method.

成長期にある点と鎮静剤などが投与されている点を考慮すると、小児例では必ずしも好ましい方法とは言えない。欧米で使用されている Gd 線源による Transmission CT は $30\text{--}50\ \mu\text{Sv}$ とされており、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 線源では $220\ \mu\text{Sv}$ とされているが、一回の脳血流 SPECT の ICRP 勧告での吸収線量の $3.75\ \text{mGy}/555\ \text{MBq}$ に比べて $1/100$ ないし $1/10$ 程度の少ない線量であるが、被曝は避けられない^{9,10)}。収集時間は Gd 線源を使用した場合 Transmission CT と Emission CT を同時収集が可能であるが、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 線源では同じ核種である長所はあるものの、同時収集できないので検査時間の延長が必要である。小児例では、従来からの再構成のみでは十分な画像が得られず、特に深部基底核の評価が困難なことが多い。このため、TEW 法による散

乱補正と Chang 法による減弱補正を行い、撮像時間を延長することなく画像の改善ができるかを検討することとした。その結果、視覚的には全例で深部基底核などの中央部分が明瞭に分別できるようになった。大脳皮質の病変も従来のように検出でき、てんかん等による側頭葉内側の血流低下の診断も容易となった。症例 3 で示したように、頭頂葉の血流が STD 法と SAC 法で視覚的に異なる集積を示していたが、われわれの Chang 法は円柱型ではなく各スライスで輪郭抽出して減弱補正を行っているため、この症例以外は頭頂葉の集積が異なる症例はなく、いずれの病変部位であっても臨床応用可能と考えられた。定量的に視床、レンズ核といった深部灰白質と皮質の集積比は、従来の STD 法に比較し SAC 法が有意に高いことは減弱補正のためと考えられた。これらの補正を行うことで、安定した画質の改善が可能と考えられ、定量的評価にも応用可能と考えられた。このことは現状の検査時間であっても十分に画質を改善でき、診断能を向上させることが可能と考えられた。本方法の問題点は、画像処理に時間を要することであり、われわれの施設では初期型の 32 bit コンピュータシステムのため、STD 法は 10 分程度に比べて SAC 法は画像処理全体で 30 分を要した。しかし、最近の新しいコンピュータシステムでは数分で処理可能であり、かつ小児例は成人と比べ再構成範囲も狭いので時間短縮が可能であり、TEW 法による散乱補正と Chang 法による減弱補正を行い、より診断能の高い画像処理が小児脳血流 SPECT では有用と考えられた。

VI. 結 語

- 1) 小児脳血流 SPECT における TEW 法による散乱補正と Chang 法による減弱補正の意義を 31 症例を対象に検討した。
- 2) 視覚的および定量的に深部大脳基底核の描出能が改善するのみならず、病変の検出も容易になった。
- 3) これらの補正により再構成には時間を要するが、被検者の負担がないので、小児例では望ま

しい方法と考えられた。

本論文の要旨は、第 56 回日本医学放射線学会総会 (横浜 1997 年) および第 37 回日本核医学会総会 (大宮 1997 年) で発表した。

文 献

- 1) Ichihara T, Ogawa K, Motomura N, Kubo A, Hashimoto S: Compton scatter compensation using the triple energy window method for single and dual isotope SPECT. *J Nucl Med* **34**: 2216–2221, 1993
- 2) Ogawa K: Simulation study of triple-energy-window scatter correction in combined Tl-201, Tc-99m SPECT. *Ann Nucl Med* **8**: 277–281, 1994
- 3) Sorenson JA: Methods for quantitative measurement of radioactivity in vivo by whole body counting. *Instrumentation in Nuclear Medicine 2*, Academic Press, New York, 1974, pp. 311–348
- 4) Chang LT: A method for attenuation correction in radionuclide computed tomography. *IEEE Trans Nucl Sci* **25**: 638–643, 1978
- 5) Chang LT: Attenuation correction and incomplete projection in single photon emission computed tomography. *IEEE Trans Nucl Sci* **NS-26**: 2780–2789, 1979
- 6) Greer KL, Haris CC, Jaszczak RJ, Coleman RE, Hedlund LW, Floyd CE, et al: Transmission computed tomography data acquisition with a SPECT system. *J Nucl Med Tech* **15**: 53–56, 1987
- 7) Bailey DL, Hutton BF, Walker PJ: Improved SPECT using simultaneous emission and transmission tomography. *J Nucl Med* **28**: 844–851, 1987
- 8) Jaszczak RJ, Gilland DR, Jang S, Greer KL, Coleman RE: Fast transmission CT for determining attenuation maps using a collimated line source, ratable air copper lead attenuators and fan beam collimation. *J Nucl Med* **34**: 1577–1586, 1993
- 9) 松田美智恵, 岩崎隆一郎, 三宮敏和, 伊藤敏昭: 脳血流 SPECT 画像の定量性向上に関する検討—第 2 報—, *日本放射線技術学会雑誌* **50**: 1206, 1994
- 10) Hendel RC: Nonuniform photon attenuation in SPECT myocardial perfusion imaging using VANTAGE™. An instruction book of VANTAGE™

Summary

Clinical Usefulness of Scatter and Attenuation Correction for Brain Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) in Pediatrics

Itaru ADACHI, Kenji DOI, Tsuyoshi KOMORI, Nobuyoshi HOU, Koujiro TABUCHI, Ritsuo MATSUI, Kouzou SUEYOSHI, Keita UTSUNOMIYA and Isamu NARABAYASHI

Department of Radiology, Osaka Medical College

This investigation was undertaken to study clinical usefulness of scatter and attenuation correction (SAC) of brain SPECT in infants to compare the standard reconstruction (STD). The brain SPECT was performed in 31 patients with 19 epilepsy, 5 cerebro-vascular disease, 2 brain tumor, 3 meningitis, 1 hydrocephalus and psychosis (mean age 5.0 ± 4.9 years old). Many patients was necessary to be injected sedatives for restraining body motion after Technetium-99m hexamethylpropylene amine oxime (^{99m}Tc -HMPAO) was injected at the convulsion or rest. Brain SPECT data were acquired with triple detector gamma camera (GCA-9300 Toshiba Japan). These data were reconstructed by filtered backprojection after the raw data were corrected by triple energy windows method of scatter correction and Chang filtered method of attenuation correction. The same data was reconstructed by filtered backprojection without these corrections. Both SAC and STD SPECT images were analyzed by the

visual interpretation. The uptake ratio of cerebral basal nuclei was calculated by the counts of the thalamus or lenticular nuclei divided by the cortex. All images of SAC method were excellent than that of STD method. The thalamic uptake ratio in SAC method was higher than that of STD method ($1.22 \pm 0.09 > 0.87 \pm 0.22$ $p < 0.01$). The lenticular nuclear uptake ratio in SAC method was higher than that of STD method ($1.26 \pm 0.15 > 1.02 \pm 0.16$ $p < 0.01$). Transmission scan is the most suitable method of absorption correction. But the transmission scan is not adequate for examination of children, because this scan needs a lot of time and the infants are exposed by the line source radioisotope. It was concluded that these scatter and absorption corrections were most suitable method for brain SPECT in pediatrics.

Key words: Brain perfusion, SPECT, Scatter correction, Attenuation correction.