

—臨床応用—

ドパミントランスポーター SPECT の解析における 早期像を用いた AC-PC ライン設定の試み

高田 春彦 鹿園 貴士
八木 勝己 牛嶋 陽
松下記念病院 放射線科

Attempts to Set the AC-PC Line Using an Early Image in the Analysis of the Dopamine Transporter SPECT

Haruhiko TAKADA, Takashi SHIKAZONO, Katsumi YAGI and Yo USHIJIMA

Department of Radiology, Matsushita Memorial Hospital

(article received : Jan 25, 2016)

Key words : Dopamine, Loflupane, Bolt, AC-PC line, Frontal pole

I 諸 言

ドパミントランスポーター SPECT は ^{123}I イオフルパンを投与し、黒質線条体ドパミン神経の脱落の有無を評価することでパーキンソン症候群およびレビー小体型認知症の早期診断に寄与するといわれている。また、数値による客観的判定である半定量的評価を行うことにより診断能が向上するといわれている。半定量的評価を行う時は撮像から解析時までの様々な要因が定量化に影響するため、再現性を高めることが求められている¹⁾。

われわれの施設でのドパミントランスポーター SPECT の解析は半定量的評価で、Specific Binding Ratio (SBR) を Tossici-Bolt 法により算出している²⁾。

その際、解析ソフト DaTVIEW を用いて行っており、解析途中で画像の回転調整、関心領域の設定、輪郭の設定等、様々な設定が要求される。その中の 1 つに Sagittal 画像で前交連 (anterior commissure ; AC) と後交連 (posterior commissure ; PC) を結ぶ線 (以下、AC-PC ライン) を水平に設定する必要がある。

しかしながら SPECT 画像上で AC-PC ラインを設定することは困難で、近似的に前頭極と後頭極を結ぶ線 (以下、前頭極後頭極ライン) を設定

しているが、イオフルパン投与 3 ～ 6 時間後の画像は脳実質の集積に乏しく、前頭極と後頭極がわかりづらい (Fig. 1A)。

そのため、前頭極後頭極ラインが正しく設定されているかどうか不確かなまま解析せざるを得ない状況になりかねない。

われわれの施設でのドパミントランスポーター SPECT の検査は、イオフルパン投与 8 分後の画像 (以下、早期像) をまず撮像している。ドパミントランスポーター SPECT の早期像は診断の一助となる可能性があるといわれており³⁾、パーキンソン症候群の細分類に寄与する情報を少しでも得る目的で早期像も撮像している。

その早期像は、脳血流を反映した集積があり、前頭極と後頭極が明瞭に観察できる (Fig. 1B)。

今回われわれはドパミントランスポーター SPECT の解析において、早期像を利用して AC-PC ラインを設定する方法の検討を行った。

II 方 法

【対 象】

ドパミントランスポーター SPECT を行った被検者のうち、頭部 MRI の検査も行った 15 名を対象とした。被検者にはインフォームドコンセントを行い、書面で同意を得た。また、院内の倫理規

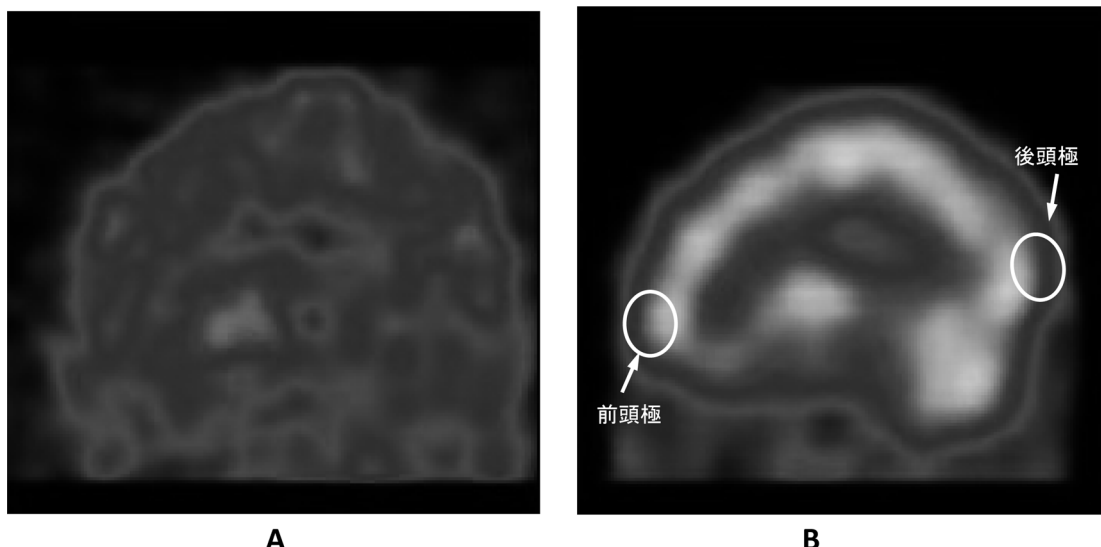


Fig. 1 SPECT 画像 (sagittal)。A: イオフルパン投与 3 時間後像, B: 投与 8 分後像 (早期像)。早期像では前頭極と後頭極が明瞭に観察できる。

定に沿って掲載画像はすべて匿名化処理を行った。

【使用機器】

SPECT の撮像には 2 検出器型ガンマカメラ millennium MG (GE 社製) を使用した。

コリメータは早期像には低エネルギー汎用型 (LEGP), 3 時間後像と 6 時間後像には低エネルギー高分解能型 (LEHR) (いずれも GE 社製) を使用した。

画像再構成にはワークステーション Xeleris Ver 1.0 (GE 社製), MR 画像の角度計測には Advantage Workstation Ver 4.3 (GE 社製), SBR の算出

には解析ソフトウェア DaTView (日本メジフィック社製) を使用した。

【撮像・再構成条件】

イオフルパン投与 8 分後 (早期像), 3 時間後, 6 時間後に SPECT を撮像した。いずれの撮像時にも OM ラインの位置合わせには, 風糸に重りを付けた自作の下げ振りをを用いて鉛直線を取り, OM ラインが検出器に対して垂直になるよう位置合わせを行った。

早期像撮像条件はマトリクスサイズ 128×128, 12秒/view×32 views の180度回転, 計360度にて投与 8 分後から 6 分24秒撮像した。再構成条件

Table 1 撮像・再構成条件

撮像タイミング	8 分後 (早期)	3 時間後, 6 時間後
コリメータ	LEGP	LEHR
マトリクスサイズ	128×128	128×128
軌道/収集角度	円軌道/180°	円軌道/180°
拡大率	1.33	1.33
撮像時間	6 分24秒 (12 sec×32 views)	30分 (40 sec×45 views)
再構成	FBP	OSEM
		Iteration 6, Subset 10
プレフィルタ	Butter Worth Cut off 0.4 cycles/cm Power 10	Butter Worth Cut off 0.45 cycles/cm Power 10
再構成フィルタ	ramp	なし
散乱補正	なし	なし
減弱補正	Chang $\mu = 0.07 \text{ cm}^{-1}$	なし

は、前処理フィルタ Butterworth, 再構成法は FBP 法, 再構成フィルタは ramp を用いて再構成を行った。減弱補正法は Chang 法で, 線減弱係数は 0.07 cm^{-1} を使用し, SPECT 再構成画像にしきい値を設けて輪郭抽出を行った後, 補正を行った。

3 時間後像と 6 時間後像撮像条件はマトリクスサイズ 128×128 , 40 秒/view $\times$ 45 views の 180 度回転, 計 360 度にて 30 分撮像した。再構成条件は, 前処理フィルタ Butterworth, 再構成法は OSEM 法で再構成を行った (Table 1)。

【基準線設定条件】

(1) AC-PC ライン

MRI 画像の正中 Sagittal 断面上で前交連と後交連を結んで設定した。

(2) OM ライン

MRI 画像での設定は皮膚面の 3D 画像を作成し, 外眼角と外耳孔を線で結んで設定した。

SPECT 画像での設定は, 撮像時に OM ラインを垂直に位置合わせしているため, Sagittal 断面上の水平線が OM ラインと平行になる。

(3) 前頭極後頭極ライン

MRI 画像と SPECT 画像で, OM ラインに平行基底核レベルの Axial 断面において, 大脳前後長の最も長い Sagittal 断面を左右それぞれ決め, 各々の Sagittal 断面より前頭極と後頭極を結んで設定した。

【検討項目】

(1) AC-PC ラインと前頭極後頭極ラインの比較

AC-PC ラインと前頭極後頭極ラインが同等かどうかを検証するために, 同一被験者の MRI 画像で, OM ラインに対する AC-PC ラインの角度と OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度を計測し, 両者の相関を調べた。角度の計測はワークステーションを用いて OM ライン, AC-PC ライン, 前頭極後頭極ラインに線を引き, 角度を計測した。計測は診療放射線技師 3 名で行い, 3 名の平均値をとった。

(2-1) SPECT 像と MRI 画像での前頭極後頭極ラインの比較

OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度を, SPECT 早期像, 3 時間後像, 6 時間後像から計測し, MRI 画像から計測した OM ライン

に対する前頭極後頭極ラインの角度と差があるかを比較した。角度の計測は解析ソフト DaTVIEW を用いて SPECT 画像を回転させて角度を計測した。計測は診療放射線技師 3 名で行い, 3 名の平均値をとった。

(2-2) 観察者間の差の比較

OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度が, SPECT 早期像, 3 時間後像, 6 時間後像で観察者間の差があるか比較した。

(2-3) 観察者内・観察者間のバラツキの比較

OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度が, SPECT 早期像, 3 時間後像, 6 時間後像で観察者内・観察者間のバラツキがあるか比較した。

【検定の有意水準】

有意差検定の有意水準は 5 % (0.05) とした。

III 結 果

(1) MRI 画像から計測した OM ラインに対する AC-PC ラインの角度 (平均 $10.7^\circ \pm$ 標準偏差 1.26) と, OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度 ($10.4^\circ \pm 1.35$) を対応のある t 検定で比較したところ, 両者の間に有意な差は認められなかった。また, 回帰直線を求めることにより両者には有意な強い相関関係が認められた ($r = 0.86$, $p < 0.01$) (Fig. 2)。

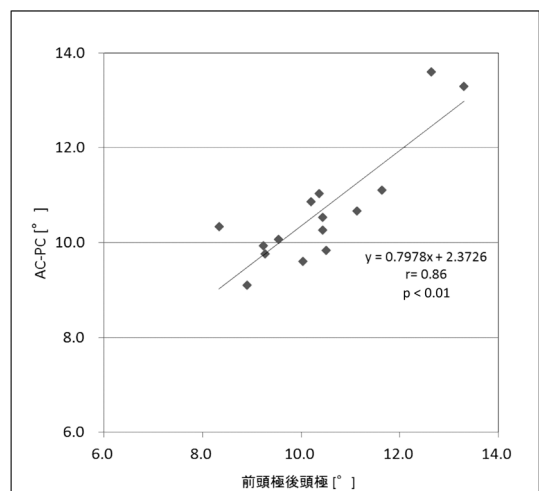


Fig. 2 MRI から計測した OM ラインに対する前頭極後頭極ラインと OM ラインに対する AC-PC ラインの角度の相関図。

(2-1) SPECT 画像から計測した OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度は, 早期像から計測した角度は平均 $10.3^{\circ} \pm 1.02$, 3 時間後像から計測した角度は平均 $10.1^{\circ} \pm 0.99$, 6 時間後像から計測した角度は平均 $10.4^{\circ} \pm 1.13$, MRI 画像から計測した角度は平均 $10.4^{\circ} \pm 1.35$ となった。これらの角度をフリードマン検定で比較した結果, SPECT 早期像, 3 時間後像, 6 時間後像から計測した角度はいずれも MRI 画像から計測した角度との間に有意な差は認められなかった (Fig. 3)。

(2-2) 観察者ごとの計測値は, 早期像が技師 Y (平均 $10.3^{\circ} \pm$ 標準偏差 0.73), 技師 S ($10.3^{\circ} \pm$

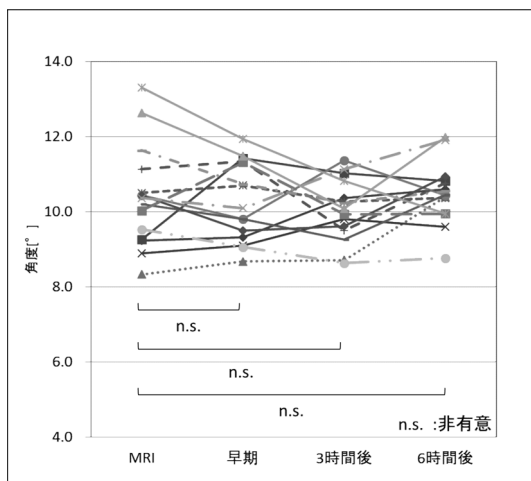


Fig. 3 OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度。早期, 3 時間後, 6 時間後像から計測した角度は, MRI から計測した角度との間に有意な差は認められなかった。

0.86), 技師 T ($10.5^{\circ} \pm 1.45$)。3 時間後像が技師 Y ($10.3^{\circ} \pm 0.75$), 技師 S ($10.0^{\circ} \pm 0.71$), 技師 T ($10.0^{\circ} \pm 1.42$), 6 時間後像が技師 Y ($9.8^{\circ} \pm 0.96$), 技師 S ($10.6^{\circ} \pm 0.98$), 技師 T ($10.8^{\circ} \pm 1.34$) となった。観察者間での比較は, OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度をフリードマン検定で比較した結果, 早期像, 3 時間後像, 6 時間後像から計測した角度のいずれにおいても観察者間での有意な差は認められなかった (Fig. 4)。

(2-3) 観察者内・観察者間のバラつきは, 標準偏差をフリードマン検定で比較した結果, 早期像, 3 時間後像, 6 時間後像から計測した角度のいずれにおいても観察者内・観察者間の計測値のバラつきに有意な差は認められなかった (Fig. 5)。

IV 考 察

ドパミントランスポーター SPECT の解析時, 同一被験者の MRI 画像より OM ラインに対する AC-PC ラインの角度を計測して解析に用いる方法や, MRI 画像と SPECT 画像を Fusion させて角度を計測する方法の研究発表はこれまでにされているが, 解析時に MRI 画像を必要としている。被検者によっては SPECT 検査時に MRI 検査を施行していない場合もあり, MRI 画像があっても画像の Fusion 機能を有したワークステーションが無ければ解析時の AC-PC ラインの設定に有用ではない。

われわれが検討した本法は他のモダリティを必要としないため, SPECT 早期像があれば解析に

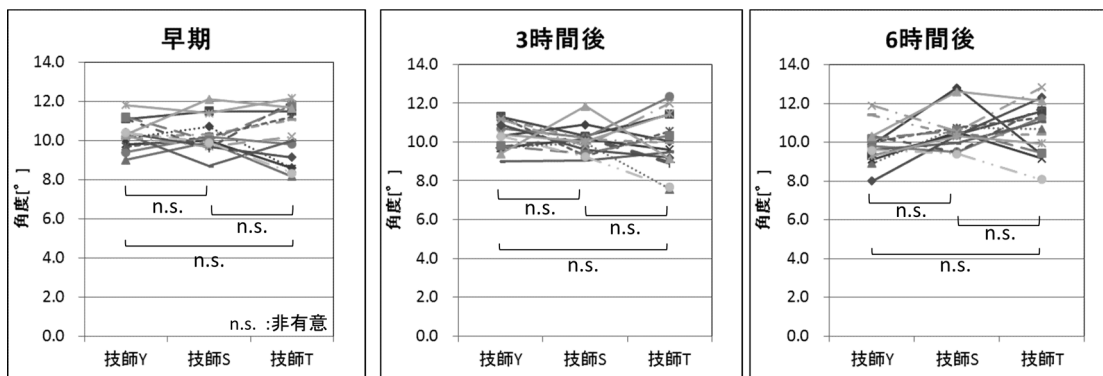


Fig. 4 観察者間の比較。早期, 3 時間後, 6 時間後から計測した角度において, 観察者間の計測値に有意な差は認められなかった。

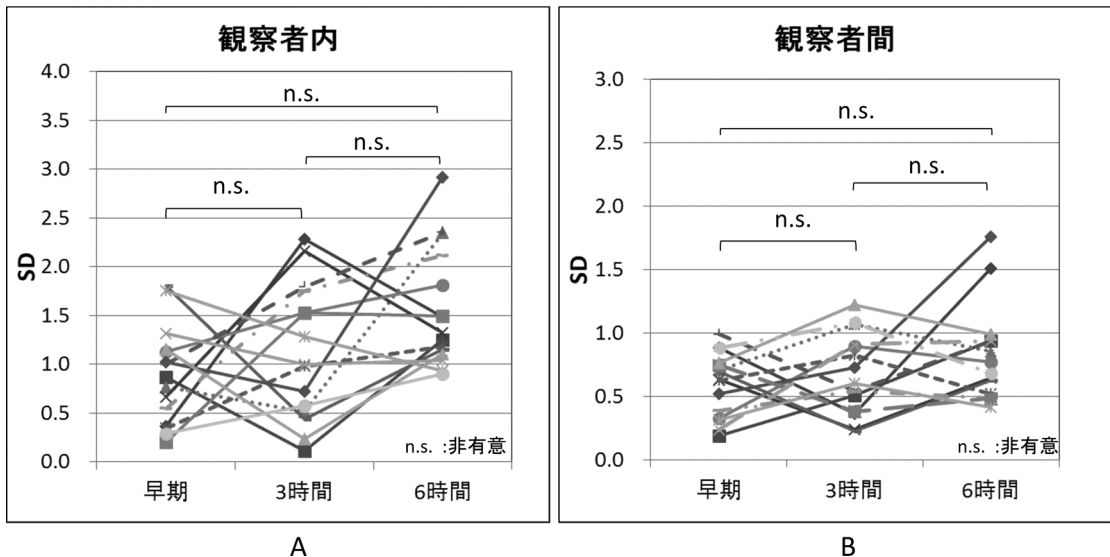


Fig. 5 観察者内・観察者間のバラつき。観察者内・観察者間のバラつきに有意な差は認められなかった。どちらも早期像から計測した角度のバラつきが最も少ない傾向にあった。

利用できる。

DaTView で近似的に前頭極後頭極ラインを設定していると前述したが、AC-PC ラインは前頭極後頭極ラインと同等かどうかを最初に検証する必要があると考えた。

MRI 画像から計測した OM ラインに対する AC-PC ラインの角度と OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度の間には有意に強い相関関係が認められた事より、AC-PC ラインと前頭極後頭極ラインは近似していると考ええる。

SPECT 画像から計測した OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度は早期像、3 時間後像、6 時間後像共に MRI 画像から計測した角度との間に有意な差は認められなかった事より、どの SPECT 画像を用いて角度を計測しても解析結果に差は生じないと考ええる。

観察者間の角度計測は、早期像、3 時間後像、6 時間後像のいずれにおいても観察者間に有意な差は認められなかった事より、観察者が異なっても解析結果に差は生じないと考ええる。

観察者内・観察者間のバラつきは有意な差が認められなかったが、早期像が最もバラつきの少ない傾向にあったため、早期像を用いて計測したほうが 3 時間後像および 6 時間後像を用いるよりもバラつきの少ない計測が可能になると考える。3

時間後像と 6 時間後像は特に後頭極が不明瞭になり、角度を設定する際の誤差の原因になっていると考える。

早期像から計測した OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度を使って 3 時間後像および 6 時間後像を DaTView で解析するとき、早期像と 3 時間後像および 6 時間後像の撮像時に被検者を同じ位置合わせにしておく必要がある。

われわれの施設のガンマカメラには位置合わせのための投光器等が装備されていなかったため、風糸に重りを付けた自作の振り下げを用いて OM ラインが垂直になるよう位置合わせを行った。こうすることで投与直後（早期）と 3 時間後、6 時間後で担当技師が替わっても位置合わせの再現性は保たれると考える。

位置合わせを今回の検討のように OM ラインを垂直に合わせておけばすべての SPECT 画像が OM ライン基準の画像になるため、解析するときは計測した角度分だけ数値入力力で回転させて前頭極後頭極ラインすなわち AC-PC ラインを水平に設定できる。

今回の検討では、①イオフルパン投与後 8 分後から早期像を撮像する。②早期像と後期（3～6 時間後）像で頭部の位置合わせに OM ラインを基準にする。③早期像から計測した角度をもとに

後期（3～6時間後）像の AC-PC ラインを設定する。の3工程を追加すれば解析時の AC-PC ラインの設定が容易になり，観察者が異なっても精度は悪くならないと考える。

V 結 論

ドパミントランスポーター SPECT の解析において，AC-PC ラインの設定に OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度を SPECT 早期像から計測することで，後期（3～6時間後）像から設定するよりもバラつきの少ない設定を容易にする事ができる傾向があった。また，観察者が異なっても同様の傾向があった。

以上より，ドパミントランスポーター SPECT の解析に DaTView を使用するとき，SPECT 早期像から OM ラインに対する前頭極後頭極ラインの角度を計測して解析時に用いる方法は，AC-PC ラインの設定の精度が良くなる方法であるこ

とが示唆された。

VI 謝 辞

本論文執筆にあたりご指導いただいた日本核医学技術学会 論文投稿推進委員会の皆様に深く感謝の意を表します。

V 参考文献

- 1) 日本核医学会，日本脳神経核医学研究会：イオフルパン診療ガイドライン，第1版：3，13，2014
- 2) Tossici-Bolt L, Hoffmann SM, Kemp PM, et al: Quantification of [123 I] FP-CIT SPECT brain images: an accurate technique for measurement of the specific binding ratio. Eur J Nucl Med Mol Imaging, **33**(12): 1491-9, 2006
- 3) 小谷知也，馬場千紗，田中 匡，他：I-123-イオフルパン 3 相 SPECT の集積変化，核医学，**51** (3)：272，2014