

総説

SPECT

長町 茂樹

宮崎医科大学医学部放射線医学講座

The current status and the development of
brain SPECT

Shigeki Nagamachi

Department of Radiology, Miyazaki Medical College.

Summary

In the last decade, brain SPECT has been developed prominently. Nuclear brain imaging can provide functional abnormalities of the lesions that are not detected by MRI or CT. Brain SPECT procedure have come to be used widely for not only diagnosing cerebrovascular disease, psychiatric disease, inflammatory disease etc but also for the therapeutic purpose. Recently, new statistical imaging analytic method has come to be available and diagnostic ability has improved. Combined image with anatomical images have also come to be available and it will provide more useful information in the treatment of brain disease.

抄録

脳SPECT検査は脳機能画像の撮像法として日常診療では脳血管障害、精神疾患、炎症、癲癇等の多くの疾患に用いられており、近年では診断のみならず治療適応決定、治療効果判定や予後予測にも適応範囲が拡大している。疾患に対する診療を含めて脳賦活試験による高次脳機能の解明にも有用である。最近は統計学的画像解析法による診断の客観性が向上し、またCTやMRI画像との重ね合わせによる機能画像と解剖画像の統合が可能になった事から、さらに多くの領域での臨床活用が期待される。

患により撮像時間が短縮され、これまで核医学検査の独壇場であったperfusion等の機能評価がSPECTを用いなくても可能になった。これに対して核医学の側では必ずしも革新的な改良があるとはいえないものの統計学的画像解析法の導入やCTやMRI画像との重ね合わせによる機能画像と解剖画像の統合によりさらに踏み込んだ画像解析が行われつつある。

本稿では日常診療で有用とされる脳SPECT検査の現況と今後の展望について症例を呈示しながら述べる事にする。

2. 検査法と撮影法

2-1. 放射性医薬品

脳血流SPECT製剤で主に臨床使用されている医薬品はN-isopropyl- ^{123}I -p-iodoamphetamine(^{123}I -IMP)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hexamethylpropyleneamine oxime($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ethylcysteinate dimer ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD)であるが、このうち ^{123}I -IMPが最も病変部と健常部とのコントラストが高く、脳血流と脳内カウントの直

1. はじめに

脳核医学は1980年代のSPECT用血流製剤の登場によりめざましい発展を遂げた。核医学画像は脳血流、脳代謝、腫瘍血流、腫瘍viabilityなど多彩な情報を提供し、病態把握に有用である事からSPECTを診療に用いる機会は増加傾向にある。一方、以前は解剖学的情報を得る事が主目的であったMRIが技術革新の恩

線性が良いため脳血流量に適合している。しかし投与放射能が少なく画質は ^{99m}Tc 製剤を用いた場合より悪い。これに対して ^{99m}Tc 標識製剤はキット形式であり緊急時に対応できる。また投与放射能を多くすることができ画質が良い。しかし病変部と健常部のコントラストが低く、標識率も経時的に劣化する。また放射性医薬品毎に分布が異なり ^{99m}Tc -HMPAOは小脳皮質及び大脳基底核、視床、脳幹で集積が高い。 ^{99m}Tc -ECDの分布は前頭葉、後頭葉内側皮質で高く内側側頭部、基底核領域、脳幹、視床で低い^{1,2)}。

神経伝達機能測定用SPECT製剤には現時点では臨床治験中のものとしてベンゾジアゼピン受容体制剤である ^{123}I -iomazenil³⁾及びDopamine transporterに特異的に結合する ^{123}I - β CIT⁴⁾がある。前者はてんかん診断薬(後述)、後者はパーキンソン病診断薬であり保険適応の認可待ち製剤である。

腫瘍SPECT製剤では ^{67}Ga 、 ^{201}Tl 、 ^{99m}Tc -MIBI、 ^{99m}Tc -テトロフォスミンがあるが(後述)、後2者に関しては腫瘍検査薬としての保険適応は未だ認可されていない。 ^{18}F -FDGが臨床使用される時代の到来により、これらの薬剤の役割について再考する必要があると思われる。

2-2.撮影法

SPECT収集装置として、これまでの単検出器型ガンマカメラに加え、現在では多くの施設に撮像速度、感度、空間分解能に優れる多検出器型のSPECT装置が普及している。機種によってはTEW法(Trippl energy window法)等の散乱補正も簡便に施行可能になり画質も著明に向上している。最近では画像再構成法としてOS-EM(Ordered subsets expectation maximization)法が一部の機種には導入されており、より定量的なSPECT像が得られるようになってきた。

当施設では低エネルギー用高分解能コリメータを装着した3検出器型のガンマカメラ(PRISM3000)を用いており、本稿で供覧する画像の収集条件は30 sec/stepで 6° 毎60方向 360° 収集、マトリックスは 128×128 である。再構成法にはFBP(filtered back projection)法を用いた。

3.臨床例

3-1.脳血管障害

脳血流製剤が臨床使用可能になった当初は脳梗塞の早期診断に脳血流SPECT検査がしばしば用いられたが、近年はMRIを用いたdiffusion像やperfusion像

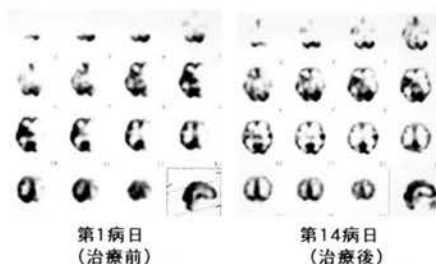


Fig.1 血栓溶解療法前後の ^{99m}Tc -ECD SPECT。脳梗塞発症直後(第1病日)では左前頭葉、左側頭葉、左頭頂葉と広範囲に血流欠損が認められる。同日にカテーテルより動脈内血栓溶解剤投与が行われた。右小脳半球の血流低下がありCCDと考えられる(左)。第14病日では左基底核を除いて著明な血流の改善が認められた。左側頭葉の一部に高血流域が認められる。CCDは残存している(右)。

により急性期脳梗塞の診断が可能となりSPECTが用いられる頻度は少なくなりつつある。しかし機能予後の推定や血栓溶解術の適応判定、術後評価(Fig.1)など診療範囲はむしろ拡大傾向にある。また脳虚血を論ずる上で局所脳血流量の算出は重要な因子であるが、現時点では確立された定量方法である脳血流SPECTの方が有用と考えられる。以下SPECT検査の方が有効と思われる領域について言及する。

(1) 贅沢灌流の検出

贅沢灌流は脳梗塞の急性期～亜急性期にみられる現象で代謝量に対して血流量が多くなる現象である。すなわち梗塞巣において血流の再開通(周囲からの側副血行路の発達も含む)が生じるが梗塞巣は酸素を消費しないため、代謝に関与しない過剰な血液供給が行われる。この高血流現象は梗塞領域の障害をさらに悪化させ、周囲組織にも悪影響を及ぼす。脳梗塞の急性期から亜急性期においてluxury perfusionを呈した領域は慢性期には壊死となる。Fig.2は右側頭葉の脳梗塞再発症例である。発症第14病日では右側頭葉～右前頭葉に高血流域が認められluxury perfusionの所見である。同部は第30病日には著明な低血流域に変化している。このように亜急性期の脳血流SPECT像から慢性期における壊死の予測が可能である。

(2) 脳循環予備能の評価

慢性期の脳虚血では代謝と血流が一致せず血流に対して酸素摂取率が亢進したmisery perfusionの状態がみられることがある。同状態はバイパス術の適応であり正確な評価が必要である。SPECT検査では代謝の

特集:脳の画像診断—各種モダリティにおける画像診断の進歩—

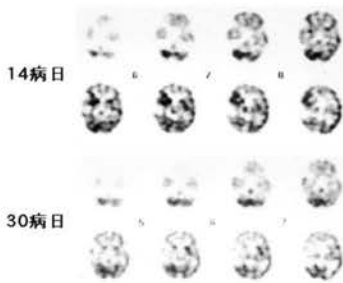


Fig.2 脳梗塞亜急性期(14病日)では右側頭葉前～前頭葉の一部に高血流域が認められluxury perfusionの状態である(上段)。慢性期(30病日)ではluxury perfusionの認められた領域に一致して著明な血流低下がみられる(下段)。なお左小脳半球にはCCDによる血流の低下が認められる。

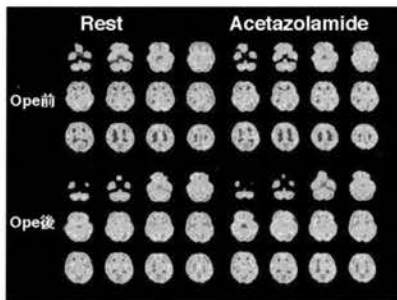


Fig.3 モヤモヤ病患者のバイパス手術前後における ^{99m}Tc -ECD RVR法による脳循環予備能の評価。

安静時(上段左)では左右差は認めないが、Acetazolamideを负荷する事で左前頭葉、左側頭葉の循環予備能の低下が認められる(上段右)。バイパス手術後では左大脳半球の循環予備能の改善が認められる(下段)

※カラー印刷P51参照。

測定ができないが、局所脳血管の拡張能を評価する事で、ある程度は脳循環予備能の把握が可能である。実際にはacetazolamide 15~20mg/kgを注射用蒸留水に溶解して静注する。正常の脳組織はacetazolamide 负荷により局所脳血流量は50~80%増加する。厳密には1日以上間隔をあけて负荷前と负荷後の像を撮影する必要があるが、簡便な1日法も考案されている^{5,6)}。Acetazolamideの評価基準は放射性医薬品によって増加率が異なり明確な基準は確立されていないが ^{99m}Tc -ECDで25~40%、 ^{99m}Tc -HMPAOで10~25%、 ^{123}I -IMPで40~60%程度が正常範囲と考えられている。

Fig.3はモヤモヤ病で右半身の脱力発作を繰り返す5歳の女児に対して ^{99m}Tc -ECDを用いRVR法により循環予備能を評価したものである。バイパス手術前の安静時では左右差がみられないが、Acetazolamide 负荷に

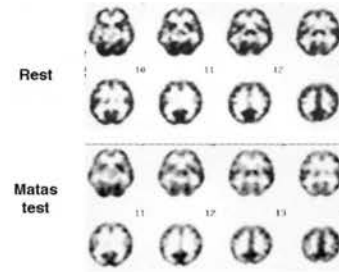


Fig.4 右内頸動脈圧迫前と後(マタステスト)の ^{99m}Tc -ECD SPECT像。圧迫後では右大脳半球(特に側頭葉)の血流が左大脳半球と比べて低下しておりウリス輪を介する側副血行路が不十分である事が示唆され

より左前頭葉から左側頭葉にかけての循環予備能の低下が認められる。左STA-MCAバイパス術施行後のSPECT像では左大脳半球の循環予備能の改善が認められた。このようにバイパス術の治療効果判定にも有用である。

(3) 遠隔効果

脳の各領域は神経線維を介して密接に連絡している。局所の障害が起きた場合はこの投射線維を介して機能的に結合された部位の循環代謝が低下する。この現象は腫瘍や変性疾患でも認められる。有名なものに皮質橋小脳路を介したcrossed cerebellar diaschisis (CCD)があり、一側大脳半球病変により対側小脳の血流が低下する(Fig.1, Fig.3)。他に視床病変による同側大脳半球の低下、深部白質病変による神経連絡の途絶による皮質血流の低下等がある。大脳半球の天幕上で血流低下がありCCDがない場合は代謝は保たれている事が推測される。

(4) Balloon occlusion (Matas) test

頭蓋内病変の外科治療や塞栓術治療では内頸動脈の血行遮断が治療計画上必要な症例がある。内頸動脈の一時的または永久的遮断に伴う血行力学的脳虚血に対する脳組織の許容能力評価法(実際はウリス輪機能の評価)の1つとしてSPECTが用いられる(Fig.4)。内頸動脈血流をバルーンカテーテルで遮断後、脳血流トレーサーを静注し脳血流SPECTを撮像する。遮断前のbase line SPECT画像と比較する事で血流遮断に伴う局所血流の影響の評価が可能である。

3-2.精神疾患

(1) 痴呆

痴呆の鑑別診断は、脳血流SPECTがとくにその有用性を発揮できる領域である。痴呆の原因疾患としては

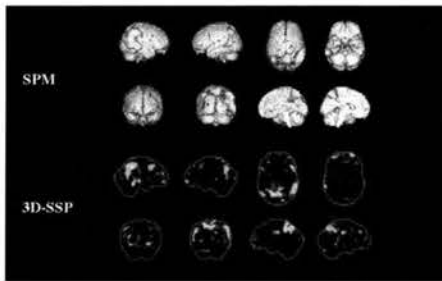


Fig.5 アルツハイマー病の初期。 ^{99m}Tc -HMPAO SPECTをSPM (上段) 及び3D-SSP (下段) 処理像。両側頭頂葉 (連合野) 及び後部帯状回の血流低下が認められる。

※カラー印刷P51参照

①変性疾患②血管障害性痴呆③その他があるが、問題となるのは変性疾患のうちのアルツハイマー型痴呆と脳血管性痴呆に属する多発性脳梗塞性痴呆(MID)の鑑別である。

アルツハイマー型痴呆の典型的パターンとして両側頭頂、側頭葉及び後部帯状回の血流低下があり、また側頭葉内側部の血流低下も認められる。両側頭頂、側頭葉の血流低下はMIDとの鑑別には有用な所見であるがびまん性Lewy小体病(DLB)でも同様なパターンを呈する事がある。最近ではstatistical parametric mapping(SPM)やThree-dimensional-stereotactic surface projection(3D-SSP)を用いた統計学的画像解析法による診断で極めて早期の変化が検出できるようになり、とくに後部帯状回～楔前部の血流低下が報告されるようになった(Fig.5)。これらの部位は海馬や海馬傍回と密接な線維連絡を持ち、記憶の符号化や再生に深く関わる部位である事が確認されている。

なおSPMは全能のボクセルすべてを検定の対象とし、様々な大きさや形の脳を標準となる脳に適合させ、その脳における位置をTalairachの3次元的な標準脳図譜を参考にするだけで部位を同定することを可能とする画像統計解析手法である。また3D-SSPはMinoshimaらによって開発されたソフトウェアであり、脳形態の標準化を行い、さらに大脳皮質の放射能を脳表に投影することにより、アルツハイマー病などでの脳萎縮の影響を受け難くした画像統計解析手法である。

アルツハイマー病に対しては治療薬としてアセチルコリンエステラーゼ阻害薬(塩酸ドネペジル)が認可され臨床使用されている。本製剤は早期のものに有効とされ、今後治療効果予測、治療効果の判定にSPECTが有効と思われる。

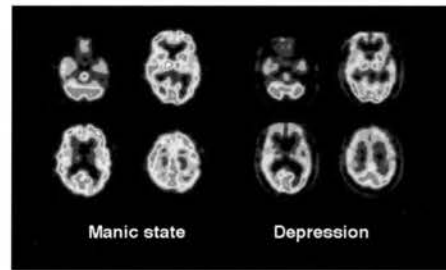


Fig.6 躁鬱病患者の ^{99m}Tc -HMPAO SPECT。躁状態(左)では前頭葉に高血流が認められる。鬱状態(右)では前頭葉の血流低下が明瞭である。

※カラー印刷P52参照

(2)躁鬱病

単極性鬱病では前頭葉下部、前部帯状回、側頭葉前部の血流が低下する。左右差については左側の血流低下が抑鬱症状に関連するとされる⁷⁾。高齢者の鬱病に関してMRIによる報告では脳梗塞との因果関係が報告されているが、脳血管障害だけでは説明不可能な症例も多数存在する。

Fig.6はMRI上異常所見を認めない躁鬱病患者の躁状態、鬱状態における ^{99m}Tc -HMPAO SPECT像で、症状の変化に伴う前頭葉の血流変化の把握に有用であった症例である。経過観察にSPECT検査を用いる事で治療による変化、効果を客観的に評価する事が可能である。

(3)精神分裂病

慢性期精神分裂病では古典的に前頭葉の血流低下(Hypofrontality)が知られている⁸⁾。しかし精神分裂病は病型、病期により症状が様々で、血流変化のパターンも多様である。妄想型ではしばしば幻聴を呈するが、SPECT上は高頻度に側頭葉中心部の血流増加が検出され、運動言語野であるBroca領域、中側頭回、補足運動野に関しても血流の変化が報告されている。これに対してBroca領域は正常で視床、線条体、海馬、帯状回、眼窩野における血流増加の報告⁹⁾もあり必ずしも一致した見解はない。自験例でも幻聴を主症状とする症例では両側側頭葉の血流上昇が認められた。また陰性症状が強い症状では右前頭葉の血流低下が認められた(Fig.7)。他領域にも症候の違いにより様々なパターンが報告されているが、視床を中心とした皮質下核群-皮質間のネットワークが症候発現に重要でありSPM解析によって、これまで注目されなかった領域の血流変化が指摘される可能性もある。

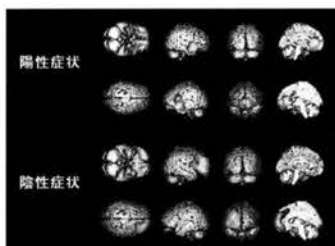


Fig.7 精神分裂病の ^{99m}Tc -HMPAO SPECT。SPM処理画像。陽性症状、特に幻聴を有する症例。両側側頭葉の血流及び前頭前野の内側の血流上昇が認められる(上段)。陰性症状を主とする症例で右前頭葉の血流低下が認められる(下段)。

※カラー印刷P52参照

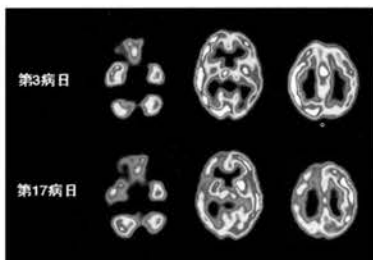


Fig.8 インフルエンザ脳症の ^{99m}Tc -ECDによる経過観察。発症3日目の急性期(上段)では右大脳半球にびまん性の高集積が認められる。発症17日目の亜急性期(下段)では右大脳半球の低集積が認められる。

※カラー印刷P52参照

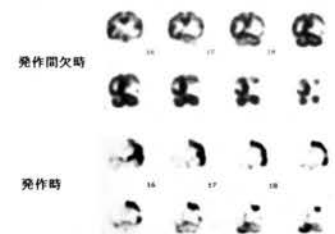


Fig.9 部分てんかん患者の ^{99m}Tc -HMPAO SPECT冠状断像。発作間欠期では左側頭葉の血流低下が認められるが(上段)、発作時には左側頭葉、左頭頂葉に高血流域が認められる(下段)。



Fig.10 右耳からの聴覚刺激前(左)及び聴覚刺激後(右)の ^{99m}Tc -ECD SPECT像。聴覚刺激後には右側頭葉の一次聴覚野の血流の増加が認められる。

※カラー印刷P52参照

3-3.脳炎

^{99m}Tc -HMPAO SPECTでは通常急性期では病巣部の血流増加のため健常部より強い集積像を示す。慢性期では集積は減少し正常脳血流または血流低下像を示す。 ^{99m}Tc -ECDを用いた場合には急性期には強い集積像を呈する場合¹⁰⁾と ^{99m}Tc -ECDの脳内停滞に関与する酵素が欠如するため集積が低下するとの報告がある¹¹⁾。Fig.8はインフルエンザ脳症を ^{99m}Tc -ECD SPECTで経過観察した症例である。発症急性期で著明な高血流が認められた右大脳半球に一致して亜急性期では逆に低血流域を認める。同所見は急性期における炎症の程度が強い場合にしばしばみられる。このように脳炎の経過観察や急性期に用いる事で予後予測にも有用である。

3-4.てんかん

てんかんにおける脳血流SPECT検査の意義は脳波、CT、MRIで所見が得られない場合や症状が複雑で焦点がはっきりしない場合、難治性てんかんの焦点の同定などである。SPECT検査が発作間歇期に施行された場合はてんかんの焦点は限局性の血流低下を示す事が多く、発作時または発作直後では高血流を示す(Fig.9)。実際の臨床現場では発作時の撮像は不可能であるが、発作時に静注ができれば ^{99m}Tc -HMPAOや ^{99m}Tc -ECDはその脳内分布が静注1~2分で決定し以後長時間保たれるため、発作後に患者が落ち着いてからの撮影でも発作時の時点における脳血流分布を画像化する事が可能である。

近年局在関連性てんかんの焦点領域ではベンゾジアゼピン受容体密度が減少している事が報告されており¹²³I-iomazenilが保健適応になればてんかん焦点診断の有力な補助的検査法として用いられる事が予想される³⁾。

3-5.脳機能局在

脳SPECT検査が有用な研究、診療領域として脳賦活試験(activation study)がある。高次脳機能の局在部位を同定するため、目的とする機能領域に負荷がかかる様に課題を設定し、賦活による脳血流増加部位をSPECT像を用いて評価する。WoodsやCrossonらはvisual stimulationにより一次視覚野の血流増加を報告している^{12,13)}。Fig.10に聴覚刺激により一次聴覚野の血流増加がとらえられた自験例を提示する。

近年は脳賦活試験には空間分解能に優れるfunctional MRIが主流になりつつある¹⁴⁾。しかし高次

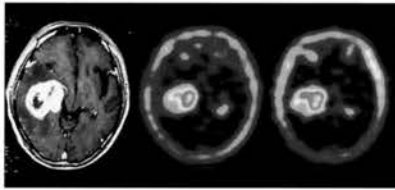


Fig.11 右側頭葉Gliosarcoma。MRIT1強調像で右側頭葉にGdで著明に増強される腫瘍が認められる(左)。^{99m}Tc-MIBI SPECTにて早期像(中)、後期像(右)ともに強集積がありP糖蛋白発現陰性のパターンである。

※カラー印刷P52参照

脳機能は個々の機能が単独で発揮されるものではなく、それらの機能は互いに密接に関連している。単一のモダリティではそのメカニズムの解明は困難でSPECT、PET、光CT、脳磁図等の多種の方法によるアプローチが必要であり、今後の発展が最も期待される分野である。

3-6.脳腫瘍

腫瘍領域では今後¹⁸F-FDGが主役になる事が予想されるが、PET施設及び¹⁸F-FDGが供給される地域が限られている点、及び正常脳組織ではブドウ糖代謝が活発で¹⁸F-FDG集積が高く脳腫瘍の診断には限界がある事から脳腫瘍における核医学診断のすべてが¹⁸F-FDG PETに置き換わる可能性は少ないと思われる。

これに対してSPECT用製剤の²⁰¹Tlでは正常組織とのコントラストが良好で²⁰¹Tlの残留の程度はグリオーマの分化度や増殖能に相関する事が知られている。またグリオーマのサイズはGd-DTPA造影CTより²⁰¹Tl-SPECTの方でより正確に得られるとする報告もある¹⁵⁾。さらに²⁰¹Tlの腫瘍集積は腫瘍血流やNa⁺-K⁺ ATPase活性と関連しており集積程度が神経膠腫における組織学的悪性度や増殖能と相関する事が知られている¹⁶⁾。

近年^{99m}Tc-MIBIも脳腫瘍診断に用いられており、その検出能は²⁰¹Tlに匹敵する¹⁷⁾。Fig.11に自験例(gliosarcoma)を示す。MIBIの集積機序は細胞膜とミトコンドリア膜の陰性荷電に基づく受動的なものと考えられるが、ミトコンドリアに集積するためミトコンドリアの多い状態または増殖能の強い病態に関連すると考えられる¹⁸⁾。またMIBIは腫瘍細胞の多剤耐性に関与するP糖蛋白により細胞外に排泄される事が知られており、MIBIの集積程度を評価する事で腫瘍の多剤耐性を画像化する事が可能である¹⁹⁾。

腫瘍SPECTでは病巣のみが陽性描出されるため、病巣の解剖学的位置の把握が困難である。近年は画像融合技術の発展によりCT、MRI画像と重ね合わせる

事で核医学画像の生理的情報と解剖学的情報が同時に得られるようになった。この事からviableなあるいは代謝の亢進した腫瘍細胞の正確な位置を知る事が可能になり外科的切除範囲の決定や放射線治療計画への応用も期待できる。

4.おわりに

脳は形態のみならず機能が重視される臓器であり核医学検査の果たす役割は重要である。しかし現時点では新しい薬剤の保険適用認可が遅れているため伸び悩む傾向にある。またfunctional MRIの発展もめざましく、これまで核医学検査でしか得られなかった機能情報の幾つかはSPECTを用いず得られるようになって来た。このように核医学を取り巻く環境は決して楽なものではないが、SPECT検査は比較的簡便に施行できる上に、最近の統計学的画像解析法の導入や解剖画像とのfusionによりこれまで以上に詳細な画像解析が可能になり、今後も脳研究、診療ツールとしての役割は大きいものと予想される。SPECT検査の積極的な活用により脳神経領域の診断、治療に大きく貢献できるものと思われる。

参考文献

1. 小田野行男、大久保真樹、高橋 誠. ¹²³I-IMP、^{99m}Tc-HMPAO及び^{99m}Tc-ECDによる脳血流SPECT画像の比較検討.核医学 34:189-194, 1997
2. Hyun IY, Lee JS, Rha JH, et al. Different uptake of ^{99m}Tc-ECD and ^{99m}Tc-HMPAO in the same brains : analysis by statistical parametric mapping. Eur J Nucl Med 28 : 191-197, 2001
3. 森本清. 脳のベンゾジアゼピン受容体イメージング-最近の研究動向と展望.核医学36:307-313,1999
4. 濱野忠則、土田龍郎、平山幹生、他.パーキンソン病におけるドーパミントランスポーターSPECT.核医学 37:125-129, 2000
5. Hashikawa K, Matsumoto M, Moriwaki H, et al. Split dose iodine-123-IMP SPECT : Sequential quantitative regional cerebral blood flow change with pharmacological intervention. J Nucl Med 35:1226-1233, 1994
6. 竹内 亮、松田博史、阪原晴海.他.^{99m}Tc-ECD

- SPECTを用いたacetazolamide負荷前後の非侵襲的局所脳血流量測定-脳血管障害例における検討、測定手技簡略化の検討も含めて-。核医学 33:1213-1220, 1996
7. Kocmur M, Milcinski M, Budihna NV, et al. Evaluation of brain perfusion with technetium-99m-bicisate single-photon emission tomography in patients with depressive disorder before and after drug treatment. *Eur J Nucl Med* 25:1412-1414, 1998
 8. Ingvar D, Franzen G: Distribution of cerebral activity in chronic schizophrenia. *Lancet* 2: 1484-1486, 1974
 9. Silbersweig DA, Stern E, Frith C, et al. : A functional neuroanatomy of hallucinations in schizophrenia. *Nature* 378 : 176-179, 1996
 10. 長町茂樹、陣之内正史、Flores LG, 他. 脳炎患者に対する脳血流SPECTの有用性. 核医学 34:7-17,1997
 11. Fazekas F, et al. Technetium-99m-ECD SPECT fails to show focal hyperemia of acute herpes encephalitis. *J Nucl Med* 39: 790-792,1998
 12. Woods SW, Irene M, Hegeman I, et al. Visual stimulation increases technetium-99m-HMPAO distribution in human visual cortex. *J Nucl Med* 32: 210-215, 1991
 13. Crosson B, Williamson DIJ, Shukla SS, et al. A technique to localize activation in the human brain with technetium-99m-HMPAO SPECT : A validation study using visual stimulation. *J Nucl Med* 35: 755-763, 1994
 14. Sadato N, Ibanez V, Campbell G, et al. Frequency-dependent changes of regional cerebral blood flow during finger movements: functional MRI compared to PET. *J Cereb Blood Flow Metab* 17 :670-679 ,1997
 15. 山田隆之、丸岡 伸、山田章吾、他. Gliomaに対する²⁰¹Tl SPECT検査-特に造影剤を含めたMRIとSPECT像の比較-。日本医放会誌 59: 402-408, 1999
 16. Oriuchi N, Tamura M, Shibasaki T, et al. Clinical evaluation of thallium-201 SPECT in supratentorial gliomas : Relationship to histologic grade, prognosis and proliferative activities. *J Nucl Med* 34 : 2085-2089, 1993
 17. 長町茂樹、陣之内正史、大西隆、他. ^{99m}Tc-MIBIによる脳腫瘍の評価：²⁰¹Tlとの比較および治療効果との関連について。核医学 35: 121-130, 1998
 18. S. Nagamachi, S. Jinnouchi, K. Nabeshima, et al. The correlation between ^{99m}Tc-MIBI uptake and MIB-1 as a nuclear proliferation marker in glioma - A comparative study with ²⁰¹Tl. *Neuroradiology*, in press.
 19. Nagamachi S, Jinnouchi S, Ohnishi T, et al. The usefulness of Tc-99m MIBI for evaluating brain tumors: comparative study with Tl-201 and relation with P-glycoprotein. *Clin Nucl Med* 24 : 765-772, 1999

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619