

# Usefulness of Nuclear Cardiology Tests in the Cardiovascular Area

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/17592">http://hdl.handle.net/2297/17592</a>

## 【総説】

# 循環器領域で核医学検査を生かす

## Usefulness of Nuclear Cardiology Tests in the Cardiovascular Area

金沢大学附属病院 核医学診療科  
松 尾 信 郎

### はじめに

心筋血流SPECT(single-photon emission computed tomography)は予後予測上の価値が高いことが我が国を初めとする世界各国で証明され、虚血性心疾患の診断においてゲートキーパーとして使える検査である<sup>[3]</sup>。心臓核医学検査の特徴は、負荷方法が生理的であり、血流と機能が同時に評価できる点がある。虚血性心疾患では比較的低リスクである長い無症状の期間を経て、炎症に関連した動脈硬化が徐々に進展し胸痛などの自覚症状が出現する病態へと進展する。形態画像であるMDCTでは冠動脈の石灰化、狭窄、ブラークなどの情報を多く含むのに対して、核医学検査では冠動脈血流予備能、心筋虚血や梗塞といった虚血性心疾患の病態を把握するのに必要な情報が得られる。解剖学的評価には、MDCTを施行して評価可能であり、石灰化の強い例ではリスクが高そうだといふことも言える<sup>[2]</sup>。一方、核医学検査は細胞レベルから血管の硬度を含めた冠動脈の機能的病態を評価する。冠動脈の生理的、機能的評価は心臓核医学検査によって可能となり、予後評価(リスク層別化)における有用性が高い<sup>[2,4]</sup>。さらに、心臓核医学の利点として、放射線医薬品を選択することにより心筋を多面的な評価が行える。心筋血流、壁運動、脂肪酸代謝、交感神経機能、障害心筋、さらにはPositron emission tomography(PET)を用いると糖代謝、酸素代謝、脂肪酸代謝や受容体の様子をみることが可能となる<sup>[5-10]</sup>。機能評価である核医学画像とCTなどの形態画像を融合し新たな画像診断が始まっている。

### 1. 心筋血流の評価

虚血性心疾患の心筋虚血の診断や治療効果判定に心臓核医学検査は用いることができる。冠動脈の機能的狭窄度を相対的血流量の差として画像化する。心筋虚血は心臓の栄養血管である冠動脈により供給される酸素量と消費される酸素量とのバランスが崩れた場合に生じる。運動することは冠血流を増加させ、必要量の酸素を供給しているが、運動負荷試験は心筋虚血を誘発する方法として優れる。運動負荷検査により運動耐容能、血圧、脈拍の変化、心電図変化といった情報も得られる。負荷方法にはトレッドミル多段階負荷法とエルゴメータによる負荷がある。十分な運動負荷がかけられない場合に虚血の偽陰性が含まれる可能性があり薬物負荷を行う。運動負荷の施行が困難な症例や左脚ブロック例ではadenosineやdipyridamoleを用いた薬物負荷が汎用されるようになってきている。両者の冠血管拡張作用は共に同程度(正常の約4.5倍)である。作用の持続時間はadenosineでは静注後約10秒から約2分間と比較的短時間であるのに対し、dipyridamoleは静注2から4分でピークに達し、約30

分間持続する。心筋虚血の検出精度に関して心筋SPECTによる評価は負荷心電図検査と比べて優れている。欠損像の部位や広がりの同定や虚血の重症度判定に役立つ。日常診療では心筋SPECTは虚血性心疾患の重症度評価、予後判定、リハビリテーションの効果判定、手術前リスク評価、冠動脈バイパス術後の血行再建効果の評価、多枝病変の冠動脈インターベンション(percutaneous coronary intervention,PCI)の標的病変の決定など多様に使われる。循環器診療の中で、しばしば冠動脈造影で正常であるにもかかわらず、心筋シンチで異常が出る場合を経験することがある。この際に、この所見は偽陽性だと考えるのではなく、冠動脈の解剖学的狭窄と生理的狭窄は必ずしも一致しないということを理解しなくてはならない。狭窄のない冠動脈において冠動脈予備能に違いがあるということは古くから証明されていることであり、冠動脈の狭窄の程度が低い症例であっても、冠血流の低下する例があること、また、冠動脈血流予備能の低下した例があることを知る必要がある。筆者は冠動脈に狭窄の無い91人の冠動脈内に前行枝にフローワイヤーをおいて、ラジオニンを投与して冠動脈径や血流予備能の測定を行った<sup>[5]</sup>。これによると、冠動脈狭窄の無いヒトの内皮機能には個人差があることや、冠動脈内皮機能は末梢動脈(前腕動脈)の反応性充血(flow-mediated dilatation)と相關することが判った<sup>[11]</sup>。冠動脈造影では正常と診断されるが、運動負荷タリウムで下壁に再分布を認め、代謝評価(BMIPP)で下壁領域に心筋虚血所見を認めることがある。このように冠動脈造影検査で狭窄が無く、心筋虚血が証明される場合をCardiac syndrome Xという。心筋血流製剤は冠動脈の順行性の血流や狭窄度に応じて分布するが、側副血行路の血流にも依存した指標である。逆に狭窄があってもSPECTで異常が出ない症例もあるがこれもただに偽陰性と考えることはできない。この狭窄が実質的に虚血に関与していないという生理学的状態を反映してしものと考えることができる。従って核医学は、狭窄があるかどうかというよりも冠動脈の血流予備能を評価するための情報としても良く用いられている。

### 2. 心電図同期心筋SPECTの有用性

心臓核医学検査を用いることにより、血流の情報に加えて、心電図同期を行って心機能の情報が得られる<sup>[3,5]</sup>。心機能指標の再現性が極めて高い。心電図同期SPECTを行うと診断精度が格段に上がる。一例としてテクネシウム製剤で胆のうでの取り込みのため下壁が欠損となってしまうことがある。この肝・心アーチファクトは検査後水を飲むことや、牛乳やチョコレートや食事にて軽減するが、心電図同期を用いれば壁運動が正常であることからアーチファクトであることが確認できる。運動時直

後や薬物負荷後の一過性心拡大と左室駆出率の低下が検出される場合がある。これはいわゆる“post-stress dysfunction”として多枝病変でしばしば認められる所見である<sup>16)</sup>。従来の非心電図同期の心筋SPECTでは内腔の拡大や肺野活性の亢進といった所見で診断していたが、心電図同期SPECTでは心機能の異常が容易に検出できるため、高リスクであると明確に診断できるようになつた。<sup>99m</sup>Tc-製剤や<sup>201</sup>Tlで負荷時の内腔拡大や左室駆出率の低下は特に高度の虚血症例で認められる。虚血性心疾患の疑いで心筋SPECTを行つた症例を平均569日観察行つた研究をみると運動時に左室駆出率が低下した症例、または、左室駆出率の低下した症例では、予後が悪いということが判つた<sup>4)</sup>。心筋梗塞患者の予後や左室リモデリングには、冠動脈の内皮機能を含んだ冠予備能が関与することがQGSによる定量評価でわかっている<sup>5)</sup>。虚血性心疾患患者の予後に関する情報は心筋SPECTだけでなくからも得ることができる。左室駆出率と左室容量を初めとするQGSからの心機能を計測すると予後の情報が得られる<sup>6)</sup>。私は心事故の発生に関して心筋灌流異常の情報に左室駆出率および左室収縮終期容積の情報を加えることが有用であることを心電図同期SPECTでの研究にて明確に示した<sup>24)</sup>。左室収縮末期容積が大きい場合には、中等度の場合と比べて死亡率が高くなることが報告され、左室収縮終期容積が中等度の場合には軽度の場合に比べて死亡率が高いことが示された。このことは駆出率が45%未満の患者においてより顕著に表れる<sup>7)</sup>。これら的心機能に関連したgated SPECTの情報の価値は、国内で初めて施行された予後調査研究(J-ACCESS)でも確認された<sup>8)</sup>。このような点を考慮すればGated SPECT検査後の死亡リスクを評価する際には左室駆出率だけでなく、左室収縮終期容積測定の重要性も知っておく必要がある。

心不全を呈した症例では、心機能を収縮能と拡張能から評価する<sup>8)</sup>。左室駆出率が同程度の場合、拡張能の低下が予後を規定することが知られている。左室収縮機能障害を有する心疾患者では、拡張機能障害の程度が収縮機能障害の程度とは独立して、心不全の重症度や予後を大きく左右することが判明している。QGSプログラムで得られた左室容積にフーリエ近似を組み合わせて拡張の評価が可能であり、拡張能指標である最大充満度(peak filling rate; PFR)や最大充満までの時間(time to peak filling rate; TPFR)を求めることができる<sup>8)</sup>。全身性強皮症や冠動脈疾患、心不全、肥大型心筋症、高血圧、糖尿病、などには拡張障害はしばしば認められ、心電図同期SPECTから異常を指摘することができる<sup>8)</sup>。

### 3. リスク層別化

これまでに対象患者の年齢、性別、既往歴、胸痛の性状、治療歴といった臨床データや運動負荷心電図は虚血性心疾患の予後予測因子とされている。負荷心筋血流SPECTによってこれらの因子以上に優れた予後予測の情報を臨床医は得ることができる。慢性冠動脈疾患のリスク分類は、欧米のガイドラインでは、低リスク(一般健康成人と同等の年間の心臓死亡率1%未満、冠血管再建術による予後改善が期待できない)、中リスク(年間心臓死亡率1から3%、血管形成術、冠動脈バイパス術に伴う死亡リスクと同等)、高リスク(年間心臓死亡率が3%以上、冠血管再建術による予後改善が期待できる)の3つに層別化される。臨床所見や非侵襲的検査で高リスクや低リスクであることが判明している場合には、心臓核医学検査によるリスク層別化の意味は少ないが、中リスク患者においては治療法の選択や侵襲的手

法による治療選択の根拠を明確にするべきであり、心臓核医学検査の臨床的価値が最も高い。SPECTでの血流欠損の重症度はSSS(Summed Stress Score)という負荷時の血流欠損スコアの合計で表す<sup>2)</sup>。そのSSSが高値であればあるほど、即ち心筋SPECTで異常が強ければ、心事故のリスクが高まるということが分かった。心筋SPECTで異常が強ければ予後が悪いという知見は欧米での多数の報告に共通するものであり日本でのJ-ACCESS研究でも心事故発生率が相対的に低い点はあるものの同様であった<sup>2)</sup>。我が国での正常心筋SPECTの予後については、J-ACCESS研究のサブ解析が行われ、虚血性心疾患の疑いの4600例を超える症例に心筋SPECTを行い予後解析が行われた<sup>2)</sup>。J-ACCESSのサブ研究によると心筋SPECTが正常であった例は、年間のハードイベント即ち心事故および非致死性心筋梗塞は0.63%と予後がよいということが証明された<sup>3)</sup>。正常心筋SPECT患者はイベントフリー生存率が高い。負荷心筋シンチ正常ではハードイベントが非常に低いということは臨床的にも実際的な価値が高く、欧米と比べても予後が良いと言うことが確認された。ただし、図4に示すようにこの研究により正常心筋SPECTでも高齢者、糖尿病合併、心筋梗塞の有無といった要因は心事故発生率に影響を与えるため心筋シンチグラフィ所見に加えて個々の症例でこれらの臨床因子を加味して判断していく必要がある<sup>2)</sup>。将来の心事故予測には我が国の大規模研究であるJ-ACCESSのデータが適用できる。運動負荷SPECTで正常であった場合には、その後さらに検査は必要ないということが結論できる<sup>2)</sup>。J-ACCESSのデータでは心筋血流異常が顕著なほど心血管イベントの発生が多く、日本人における心血管イベントの発生率は同様の虚血程度でも米国人の2分の1から3分の1程度であった。このように日本でも同様に心臓核医学の情報からリスク層別化ができるようことが明らかになってきた<sup>2)</sup>。

臨床医学ではPCIを行うことで患者さんの心筋梗塞のリスクを減らすこと、そして、最終的に予後をよくすることを目指している。心血管リスクが低い患者には、リスクとコストの高いPCIを行う合理性はなく、低リスク例には内科的管理を行うことが必要とされる。一定以上のリスクを持つ患者にPCIは有用となる。J-ACCESSの予後の情報は国内では初めての大規模な心臓核医学研究であり大変に貴重なデータであり、PCIや薬物治療においては負荷心筋SPECTで評価される可逆的心筋虚血量が予後を規定している。虚血を改善することが予後の改善に寄与することが知られており、心臓核医学検査を用いることで明らかにできる。

急性心筋梗塞の閉塞部位と狭窄の程度とは関係はないということが判っている。冠動脈造影での狭窄の程度と検査後の心筋梗塞発症までの日数には関連がないことが明らかとなり、形態的評価で予後評価をおこなうことの限界が示された。同様に心筋梗塞を発症した患者の直前の冠動脈造影での狭窄率が50%以下の狭窄病変から約7割という多くの心筋梗塞を発症していることが報告されている。冠動脈狭窄といった形態評価はもちろん重要であるが、予後を予測することは難しい。すなわち、冠動脈造影やCT冠動脈造影(CTA)で冠動脈に狭窄がないということと心筋SPECTで正常ということは、意味合いが違う。心筋SPECTで正常ならば心臓死や非致死性心筋梗塞などのハードイベントを起こす率が低いことが分かっており、これは心臓病の診療にあたる医師にとっては有益な情報となる<sup>2)</sup>。

#### 4. 心臓核医学を虚血性心疾患の治療にどのように使うか

Cedars-Sinai Medical Centerからは虚血の範囲が10%を超えると血行再建の方が予後がよいというが、一方で、10%以下の虚血では予後を改善するメリットはなく、内科的治療だけの予後が良いということが示されている。このように心臓核医学はリスク評価を超えて、血行再建によって恩恵を受けうる患者を明らかにするために用いられる。虚血の無い症例つまり生理学的狭窄度が少ない症例では必ずしも血行再建術が予後の改善には結びつかないことは臨床上の治療戦略を考えるときに重要である。慢性冠症候群の治療についてJ-SAP(Japanese stable angina pectoris)研究の報告では、低リスク安定労作性狭心症患者382例（薬物治療先行群190例、PCI先行群192例）を対象に、平均3.4年間の長期予後を検討した。その結果、心疾患死亡率は、薬物治療先行群が1.6%，PCI先行群が2.6%，心疾患死亡と急性冠症候群発症の頻度はそれぞれ2.1%，4.7%と、いずれも有意差はみられなかった。また1年後の狭心症症状改善度も、薬物治療先行群とPCI先行群は同等であり、医療費はPCI先行群が有意に高いという結果であった。つまり、この研究でPCIは慢性期の特に低リスクの患者さんの予後を改善することには役立っていないということが示されたことになる。Bodenらも同様の報告を行っている。米国のガイドラインでも非侵襲的検査で明瞭な心筋虚血が証明されない場合は、血行再建術はClass IIIであること、即ち、時として有害な結果をもたらすことがある手技であるとされている。

最近の薬物治療の進歩により、スタチン治療により心血管イベントが低下することが示してきた。筆者はこれまでにスタチンによる内科治療で心筋シンチでの心筋虚血が消失した症例をしばしば経験した。慢性労作性狭心症の薬剤効果の判定にも核医学は有用であり、冠動脈血管の内皮機能の異常を検出して治療的介入の効果を判断する検査として臨床の場でもっと利用されても良い領域である。

日本循環器学会を始めとした多くの学会から出された心臓核医学ガイドラインでは心筋血流製剤は客観的な信頼性の高い非侵襲的診断であるということ、リスク層別化に有用であるということ、PCIの適応決定、PCI後のフォローアップに有用であるということが記されている。心筋血流製剤による生理学的重症度評価は他のモダリティによる診断が可能であっても、きわめて重要な指標であり、特に治療適応決定に際し重視されるべきである<sup>12)</sup>。

#### 5. 心不全への心臓核医学検査の応用

心臓病の病態での交感神経障害を評価するために放射性ヨード標識メタヨードベンジルグアニジン(MIBG)が使用される<sup>6,10)</sup>。心不全患者においては、基礎疾患によらず、MIBGの正面ブラー像を利用することで早期像から後期像への心筋からのMIBGの洗い出し亢進とそれに伴う後期像での心臓MIBGの集積低下が観察される。これらの所見は心不全での心臓交感神経活動亢進や機能障害を意味する。心不全ではMIBGの有用性が確立し、重症度、予後、治療効果判定に広く用いられている<sup>6)</sup>。MIBGの洗い出し率や後期像のH/M比は交感神経活性を示し心不全の重症度と正相関する。正面像ではバックグラウンド補正を行うのが原則である。慢性心不全患者ではβ遮断薬治療開始後BNPが上昇することが知られている。心不全の予後評価にはBNP測定は簡単であるが、患者の予後を正確に知りたいときにMIBGを使用することができる。

心不全の原因となる心筋症の病態は多彩である<sup>6,10)</sup>。心臓核医学を用いると心臓交感神経異常をとらえることができる。拡張型心筋症患者には心臓交感神経異常が存在し予後評価にMIBGによる心縦隔比(H/M)、洗い出しの評価が有用であることが判っている。心不全の治療効果の評価にMIBGは用いられる。拡張型肥大型心筋症から拡張型心筋症様病態となった心不全患者に対する心臓再同期療法の心臓核医学的評価は定量性が高い。 $\beta$ 遮断薬による拡張型心筋症の治療効果の判定にMIBGを用いた核医学的診断は有用である。薬物治療(ACE阻害薬、スピロノラクトン、アンジオテンシンII受容体拮抗薬、 $\beta$ 遮断薬)による心機能改善に平行して洗い出し率あるいは後期像H/Mが正常化することが判っている。肥大型心筋症の心筋障害が進むにつれて心臓交感神経機能障害が出現する<sup>10)</sup>。肥大型心筋症の心臓交感神経障害と冠挙縮との関連が指摘されている<sup>7)</sup>。心臓交感神経機能異常は拘束型心筋症やスポーツ心、Churg-Strauss症候群、サルコイドーシス、心筋炎といった病態にも存在することが判っている<sup>8)</sup>。心不全は死亡率の高い病態であり、その評価は心不全患者の予後と密接に関連するため重要である。心不全では心筋クレアチニン量と脂肪酸代謝が低下する。脂肪酸代謝製剤である<sup>123</sup>I-BMIPPを用いた心筋代謝評価が心不全患者の予後評価に利用できる。BMIPPは心筋症での心筋障害の評価に使用できる。さらに、ミトコンドリア機能を<sup>99m</sup>Tc-sestamibiの洗い出し計測により評価することができ、心不全患者の予後評価に心筋ミトコンドリア機能評価が有用である<sup>8)</sup>。心不全の原因となりうる病態としてキャッスルマン病、たこつぼ心筋症、アルコール性心筋症、ミトコンドリア心筋症における病態評価にも核医学検査は重要である<sup>9)</sup>。心不全の心機能評価についてQGSを用いた拡張能解析を臨床で使用できる。さらには心不全の治療効果の判定に発展させることができる。左室のびまん性壁運動低下例の診断に際して、虚血性心筋症と非虚血性心筋症との鑑別に心電図同期SPECTが有用である。負荷心筋血流SPECTで、高度の左室機能障害にもかかわらず、心筋血流が正常である場合には、冠動脈疾患を否定できる診断能が高い。

#### 6. 非心臓手術前的心臓核医学検査での評価

循環器医は外科手術手技に関するリスク評価をしばしば依頼される。一般に、中から高リスクの手術(末期腎疾患への移植など)を受ける予定の臨床的リスクが中等度の患者には、非侵襲的な術前検査を行うことが勧められる。心筋虚血の危険性は、慢性冠動脈疾患患者の管理についてと同様に行うべきである。心予備能と虚血評価の決定のために負荷心筋血流SPECTが用いられる。左脚ブロックや、大動脈瘤などで運動負荷検査施行不能例においては薬物負荷心筋SPECTが威力を發揮する。異常血流所見が得られた場合には周術期の心事故予測に有用である。心筋虚血の範囲が狭い場合には周術期のリスクは低い。負荷心筋SPECTによる評価では、陰性的中率が高いことが特徴である。

#### 7. 心筋生存能を評価する

心筋生存能の評価は、慢性冠動脈疾患例の治療戦略決定に際して重要な情報となる。左室機能障害と慢性冠動脈疾患とを有する患者においては、血行再建術によって左室機能や症状が改善される症例がある。安静時虚血や一過性の反復虚血によって心筋細胞の正常な収縮性は欠如しているが、細胞膜は健全に機能し、十分な代謝活性を維持している。この細胞膜の健全性と

種々の代謝活性を評価することで、核医学的手法は心筋バイアビリティを評価して血行再建術によって機能的回復が望める心筋を同定する。トレーサー集積率を計測して定量評価することで心筋生存能の精度があがる。血行再建術後の左室機能改善の予測に<sup>201</sup>Tlもしくは<sup>99m</sup>Tc-sestamibi、<sup>99m</sup>Tc-tetrofosminのトレーサー集積率が50%(ないし60%)以上であれば、心筋生存能があり、血行再建術後の機能改善が期待できるという報告がある。また、<sup>201</sup>Tl心筋血流SPECTによる評価で、負荷後の早期像に比べて3から4時間後の安静像あるいは再灌注像で出現する再分布現象は心筋生存能の良い指標である。負荷誘発虚血の所見は固定性欠損よりも左室機能回復の強力な予測因子となることが判っている。<sup>99m</sup>Tc-sestamibi心筋SPECTを用いた我が国その他施設共同研究結果によると、血行再建術後の心筋の機能的回復を予測するためにQGS解析と心筋血流評価が重要であることが判明した。同期SPECTでの心臓への取り込みと同期SPECTでの収縮末期での心臓への取り込みは血行再建術での心筋の回復を予測するための心筋バイアビリティ評価の重要な指標である。

#### 8. 核医学を支える画像処理技術の進歩

<sup>123</sup>I-MIBGや<sup>123</sup>I-BMIPPによる画像の量化に心縦隔比(H/M)がある。各施設でH/M値の正常値が違うのは使用するコリメータの種類によって異なるからである。低エネルギー高分解能型(LEHR)ではコリメータの隔壁を透過するガンマ線が増えるので、見かけ上縦隔カウントが高くなり、結果としてH/Mは小さくなる<sup>12)</sup>。低中エネルギー汎用コリメータ(LMEGP)では<sup>123</sup>Iで問題となる散乱線混入の影響を抑え、画像のコントラストを改善できた。<sup>201</sup>Tl、<sup>99m</sup>Tcの主たるピークは低エネルギー領域にあるが、<sup>123</sup>Iでは高エネルギーにも光電ピークがあるため、コリメータの隔壁通過や散乱の影響を大きく受ける。そこでこれらのデータの定量的改善を目指した研究もおこなわれている<sup>12)</sup>。複数のエネルギーウインドウを同時に収集する3エネルギーウインドウ法(TEW)や<sup>123</sup>Iエネルギーウインドウ法(IDW)により真的H/Mに近づくことが判っている<sup>12)</sup>。すなわちLEHRコリメータを用いる場合でもTEWやIDWによる補正を行えばMEコリメ

ータと同等の精度を持つ<sup>12)</sup>。我が国でのMIBGの指標の標準化を行うことができ、異なる研究間での定量値の比較が可能であり、他施設研究にも適用できるようになった。

SPECTの画質向上には散乱と減弱の補正が重要である。そのひとつとして、画質に与える影響が強い $\gamma$ 線の減衰補正もソフト上で改善できる可能性がある。特に心筋SPECTの減弱補正については、従来はトランスマッショント(CT)による体内の吸収の推定やX線CTを利用した形態学的な減弱補正しかなく実用性という点からは限界があった。SPECT収集データのみで、TCTに近い精度で減弱補正が可能なSSPAC(Segmentation with Scatter and Photopeak window data for Attenuation Correction)法の開発は新しい減弱補正のアプローチである。東芝の画像処理装置GMS-7700RにはこのSSPAC法による減弱補正ソフトウェアが搭載されている。このシステムではTCT用の外部線源や特殊な機器が不要で、TCT画像を収集するための時間や手間が省け、また、付加的な被曝がないという利点がある。原理的には<sup>201</sup>Tlおよび<sup>99m</sup>Tc製剤に使用できる可能性がある。

高分解能CTとSPECT像の精度の高い位置合わせを行う画像処理技術の開発と心筋SPECT標準化が現在進行中である。CTAによる形態画像では心筋虚血を評価出来ないが、心筋虚血やバイアビリティの有無といった情報が循環器疾患の管理には必要不可欠である。今後、心臓SPECT/CT融合画像の普及はさらに進むことが予測される。金沢大学附属病院でのQuantitative perfusion SPECT(QPS)とCTとの融合画像を図1に示す。CTAによる冠動脈の形態画像とSPECTによる血流や代謝の機能画像を融合することで、虚血性心疾患の病態生理を的確に、よりよく診断できるようになっていくことが期待される。

#### 9. わわりに

心臓病の診療に画像診断を用いる際にも虚血性心疾患患者のリスク層別化を行うことがたいへん重要である。低リスク例には不要なPCIを避け、高リスクの患者さんには積極的に治療する。このリスクを層別化する画像診断としては、心臓核医学検査が最も有用性が高く、心臓病にたずさわる臨床医はエビデンスに基づいた知識を生かす必要がある。定量法の改善が進み循環器領域での核医学検査の有用性はますます高まっている。

#### 文 献

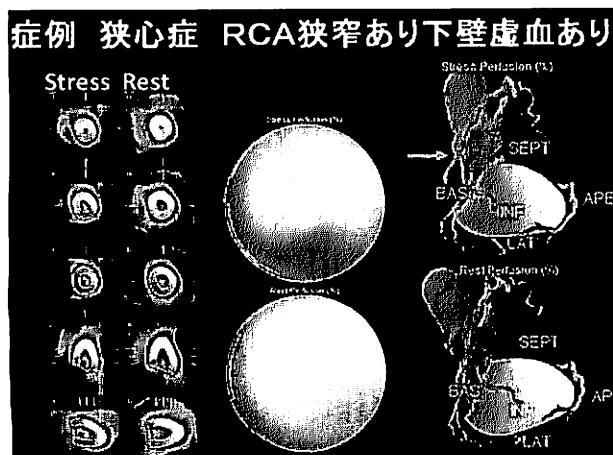


図1. Quantitative perfusion SPECTとMDCTの融合画像

狭心症の疑いで来院し心筋SPECTとMDCTが施行された。融合画像である。右冠動脈領域(下壁)に運動時に血流低下を認め、安静時に再取り込み(fill-in)を認める。左冠動脈前下行枝が有意であり心尖部を灌流している。右冠動脈#3が責任病変である。

1) 松尾信郎 ハリソン内科学原著第16版211章非侵襲的心臓イメージング：心エコー法、心臓核医学、CT/MRI、メディカルサイエンスインターナショナル出版 p.p. 1375-1383頁, 2006

2) Matsuo S, et al. Prognostic value of normal stress myocardial imaging in Japanese population. Circ J, 72: 611-617, 2008.

3) Matsuo S, et al. Diagnostic and prognostic cardiac imaging in cardiomyopathies. Cardiomyopathies: Causes, Effects and Treatment. NOVA Publishers (in press) 2009

4) Matsuo S, et al. Prognostic value of ECG-gated thallium-201 single-photon emission tomography in patients with coronary artery disease. Ann Nucl Med, 18: 617-622, 2004.

5) Matsuo S, et al. Impact of endothelial dysfunction on left ventricular remodeling after successful primary coronary angioplasty for acute myocardial infarction- Analysis by quantitative ECG-gated SPECT- Ann Nucl Med 20(1): 57-62, 2006.

6) Matsuo S, et al. Cardiac sympathetic dysfunction in athlete's

- heart detected by  $^{123}\text{I}$  MIBG scintigraphy. *Jpn Circ J* 65(5): 371-374, 2001.
- 7) Matsuo S, et al. Role of impaired sympathetic nerve function in enhancing coronary vasoconstriction in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Exp Clin Cardiol* 12: 37-41, 2007.
  - 8) Matsuo S, et al. A novel clinical indicator using Tc-99m sestamibi for evaluating cardiac mitochondrial function in patients with cardiomyopathies. *J Nucl Cardiol* 14: 215-220, 2007.
  - 9) Matsuo S, et al. Evaluation of cardiac sympathetic innervation with iodine-123-metiodobenzylguanidine imaging in silent myocardial ischemia. *J Nucl Med* 37: 712-717, 1996.
  - 10) Matsuo S, et al. Impairments of myocardial sympathetic activity may reflect the progression of myocardial damage or dysfunction in hypertrophic cardiomyopathy. *J Nucl Cardiol* 9: 407-12, 2002.
  - 11) Matsuo S, et al. The relationship between flow-mediated brachial artery vasodilation and coronary vasomotor responses to bradykinin: comparison with those to acetylcholine. *J Cardiovasc Pharmacol*, 44: 164-70, 2004.
  - 12) Matsuo S, et al. Standardization of the heart-to-mediastinum ratio of iodine-123-labeled-meta-iodobenzylguanidine uptake using dual energy window method: Feasibility of correction from different camera-collimator combinations. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 36, 560-6, 2009