健康で長生きするために

知っておきたい
循環器病あれこれ

33

ＲＩ検査で何がわかる？（改訂版）

財団法人　循環器病研究振興財団

はじめに

財団法人 循環器病研究振興財団 理事長　　川島　康生

長生きしても、寝たきりか、病気の期間が長ければ、いい人生とはいえません。WHO（国際保健機関）が、新しい“ものさし”として「平均健康寿命」を取り入れたのも、この考えにもとづいています。

平均寿命から病気や寝たきりの期間を差し引き、平均して何歳まで元気で暮らせるか正味の健康な期間を示したのが平均健康寿命で、先ごろ191か国を対象にした第１回の調査結果が発表されました。

これによると日本が世界一で、74.5歳（男性71.9歳、女性77.2歳）。2位オーストラリア73.2歳、3位フランス73.1歳と続きます。反対に平均健康寿命が短いワースト3は、シエラレオネ25.9歳、ニジェール29.1歳、マラウイ29.4歳です。健康寿命の短い国々に比べ、日本人はなんと50年も長く健康的な生活を送っているのです。

しかし、日本人の平均寿命（80.9歳）と平均健康寿命を比べてみるとどうでしょう。6.4年間の差があります。確かに健康寿命は世界一だけれど、病気か寝たきりの日々が6年以上というのは長すぎます。

長寿をまっとうするには、生きがいをもってピンピン暮らし、短期間、寝込んでコロリと旅立つ、つまり「ピンピンコロリ」（ＰＰＫ）が一番といわれております。これが多くの日本人が理想としてきた健康美学といえましょう。

高齢社会の課題は、健康寿命をいかに平均寿命に近づけるかにかかっています。その大きな障害になっているのが、がんや、循環器病（脳卒中、高血圧症、虚血性心疾患、大動脈瘤など）、糖尿病などの生活習慣病です。

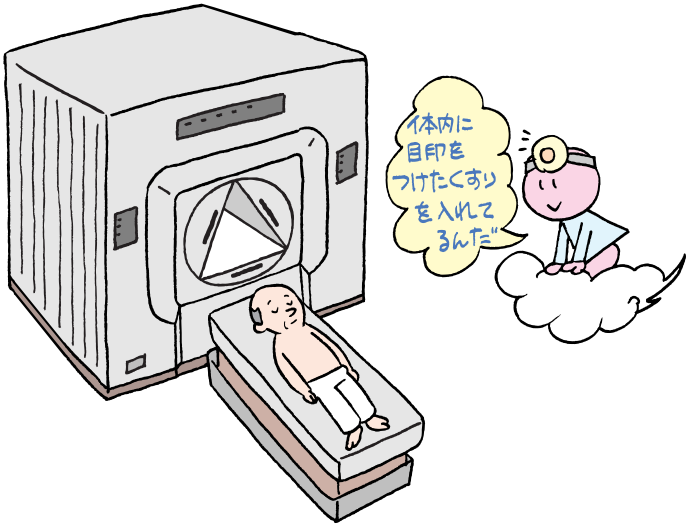
患者数、医療費についてみると循環器病は、がんを上回って第１位ですから高齢社会に立ちはだかる最大の疾患といえます。

しかし、循環器病は食生活、運動、禁煙といった生活習慣の改善と危険因子を避けることによって予防できますし、発病後もライフスタイルの改善と危険因子を避けることが治療の大きな柱となります。

循環器病の知識を身につけ、日々、いかに健康的なライフスタイルを実践するか……。それが現代人に求められる長寿の知恵なのです。

その情報発信として、循環器病研究振興財団では財団発足10周年を記念し〈健康で長生きするために　知っておきたい循環器病あれこれ〉を刊行中です。国立循環器病センターの先生方に、最新の情報をわかりやすく解説してもらっています。広く活用されるのを願っています。

体の中を外から調べる



もくじ

● ＲＩ検査とは …… 3

● 心臓のＲＩ検査 …… 5

1．心筋血流の画像診断　2．心機能の画像診断

3．心筋代謝の画像診断　4．心臓交感神経機能の画像診断

5．その他の画像診断

● 脳のＲＩ検査 ……10

1．ＳＰＥＣＴ（スペクト）による脳血流の画像診断

2．ＰＥＴ（ペット）による脳血流・酸素代謝の画像診断

● 腎臓のＲＩ検査……13

● 肺のＲＩ検査……13

● 悪性腫瘍のＲＩ検査… ……15

● ＲＩ検査の安全性……15

ＲＩ検査で何がわかる？

国立循環器病センター
放射線診療部アイソトープ診療科
石田　良雄
林田　孝平　　福地　一樹
岡　　尚嗣　　佐合　正義

血液の中に入れられた「くすり」が、いまどの臓器のところを流れているか、どの臓器に集まっているか――といったことは、体の外から眺めることは難しいことです。もしそれができれば、病気の診断や治療に大いに役立つはずです。そこで、これを実現するいい方法が考えられました。

ここでお話しする「ＲＩ検査」がその方法です。「くすり」にあらかじめ“目印”をつけておいて、「くすり」が体の中を移動する様子を、体外からその“目印”を測定して調べるのです。

例えていえば、真っ暗闇の中では、どこに、何人の人がいるかまったくわかりませんが、あらかじめこの人たちの服に“目印”として蛍光染料を塗っておけば、暗闇の中でも、どこに、何人いるかがすぐわかるのと同じ仕組みです。

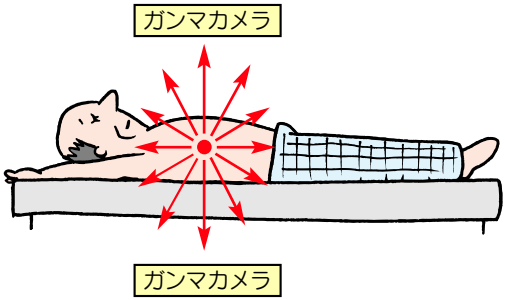
「ＲＩ検査」で、「くすり」の“目印”の役目をするのが、ガンマ線を出す放射性同位元素（ＲＩ、ラジオアイソトープ）です。「くすり」を静脈注射したあと、このガンマ線を体外からキャッチして、臓器の血流や機能（働き）の状態を映像にして調べます。

ＲＩ検査は、「アイソトープ°検査」「核医学検査」とも呼ばれています。「ＲＩ検査とは、一体どんな検査ですか？」という質問をよく受けます。そこで、その概要と、診断の実際について紹介します。

ＲＩ検査とは

この検査は、患者さんにラジオアイソトープで標識した、つまり“目印”をつけた「放射性医薬品」を投与することから始まります。しばらくして、投与された放射性医薬品が目的とする臓器や組織に集まったところを、ガンマ線を検出するガンマカメラで体外から撮影します**〈図１〉**。

図１　核医学検査



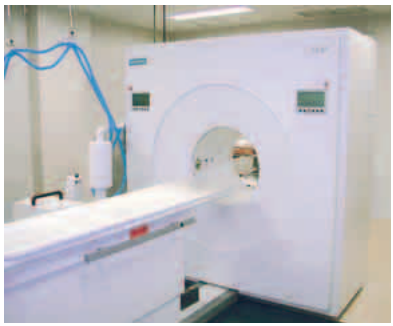
体内に投与され、臓器に集まったラジオアイソトープから発せられるガンマ線を、体外からガンマカメラで捉えて映像化する

撮影には、ガンマカメラが体の周りを回転しながら写す断層撮影法が広く用いられていて、この装置を「ＳＰＥＣＴ、スペクト」**〈図２左〉**と呼びます。最近では、ポジトロン（陽電子）を放出するラジオアイソトープを用いた高性能の断層撮影法が普及の兆しをみせています。この装置は「ＰＥＴ、ペット」**〈図２右〉**と呼ばれています。（「ＳＰＥＣＴ」と「ＰＥＴ」はこれからの説明でも何度か登場しますから、覚えておいてください）

図２　ＲＩ断層撮影装置

ＳＰＥＣＴ（スペクト）

ＰＥＴ（ペット）



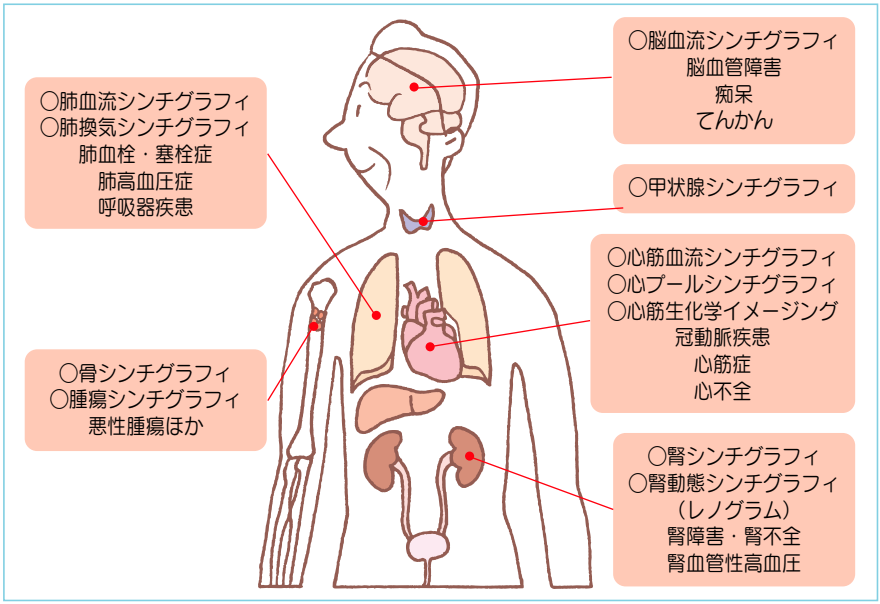
撮影の時間は、ほとんどの場合、20分から30分間ですみます。この間、ベッド上で静かにあお向けになっていただくことになります。

検査用の放射性医薬品には、半減期（放射能の減衰する時間）の短いラジオアイソトープが用いられ、ごく微量が投与されます。放射性医薬品と呼ばれていますが、いわゆる「くすり」として人体に直接働きかける効果･効能はなく、あくまで診断のための医薬品です。

撮影された画像（シンチグラムといいます）からは、体内臓器の位置・形状・サイズの情報が得られます。重要なのは臓器の血流と、機能（働き）についての情報で、他の臨床検査ではわからない貴重なデータになります。

ＲＩ検査の種類には、主なもので30種類ほどあります。**〈図３〉**に代表的なものを示しました。これらのうち、循環器病を扱う私どもの施設では、心臓、脳、肺、腎臓のＲＩ検査が非常に多いのが特徴で、こうした検査を中心に説明することにします。

図３　核医学検査の種類



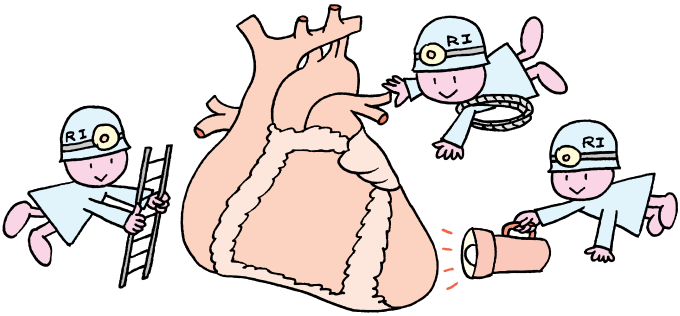
このほか、腫瘍、炎症、甲状腺、骨などのＲＩ検査も利用されています。

一般の方には、難解でとっつきにくい放射性医薬品の名前が次々登場しますが、そんな名前の医薬品だと軽い気持ちで読み進んでいただければ結構です。

心臓のＲＩ検査

心臓に栄養を与える血管は冠動脈と呼ばれています。この血管の動脈硬化による病気（冠動脈疾患）が、検査の主な対象となります。

動脈硬化のリスクが高い方や狭心症が疑われる方での冠動脈疾患の診断（スクリーニング）、冠動脈疾患（心筋梗塞、狭心症、無痛性心筋虚血ほか）とわかった患者さんでの重症度の評価や、冠血行再建術治療の適応となるかどうかや、その治療の効果判定などに利用されています。最近では心筋症や心不全の患者さんにも利用される機会が増えてきました。代表的な検査について紹介しましょう。



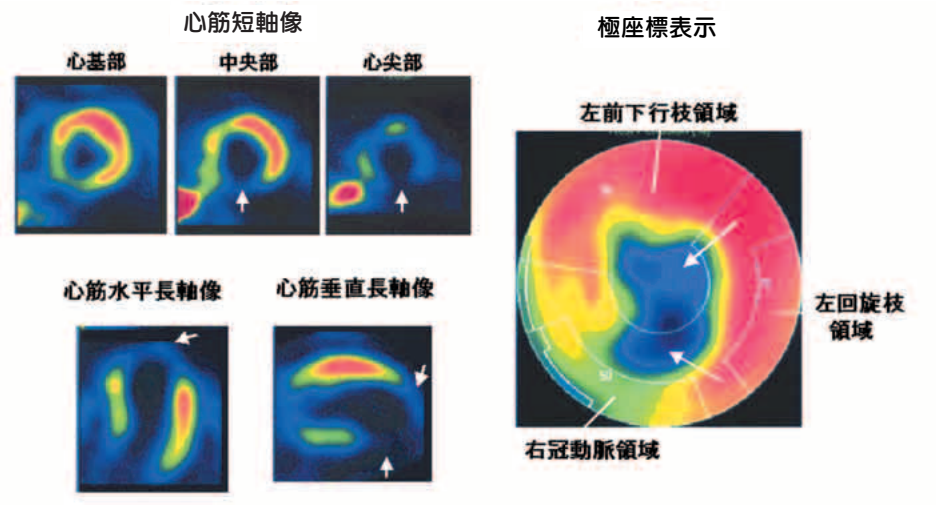
１．心筋血流の画像診断

血流状態に応じて、心臓の筋肉である心筋にとりこまれ、集積する「タリウム-201」、または「テクネチウム-99mを標識（目印）にした製剤(ＭＩＢＩ，tetrofosmin)」を用いた「心筋血流シンチグラフィ（画像）」が、代表的な方法です。

安静時の検査は、主に心筋梗塞の患者さんに行います。正常部の心筋に集まる（「集積」といいます）一方、梗塞部には集まらない（「集積欠

図４　心筋血流シンチグラフィ(安静検査)

集積欠損による心筋梗塞の診断（前壁心尖部と下壁の心筋梗塞例）



損」、矢印）ことを利用して、**〈図４〉**のように心筋梗塞の部位と大きさが診断できます。

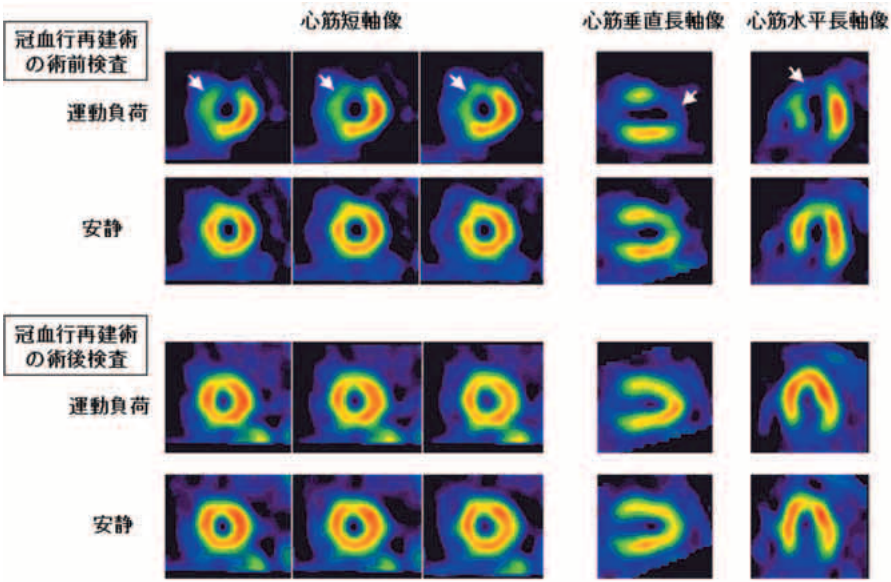
運動や薬剤（ジピリダモール）の投与によって、冠動脈の血管を拡張させる負荷を与える検査を同時に行うと、**〈図５上段〉**のように、負荷によって血流が正常に増加した心筋部分と、冠動脈狭窄（きょうさく）によって血流の増加が不十分な心筋部分の間に、集積量に差が生じます（「負荷誘発欠損」、矢印）から、冠動脈疾患のスクリーニングや、重症度の評価ができます。

つまり、安静検査で観察される欠損の場合は、その部分は「心筋梗塞」ですが、安静検査では欠損がなく負荷によって誘発された欠損の場合は、冠血管が狭くなって起こる「心筋虚血」の存在が疑われます。

この「心筋梗塞」か「心筋虚血」かの判別と、「心筋虚血」の重症度の評価は、冠血行再建術（カテーテル治療や外科的バイパス手術）をするかどうかを決める重要な情報になります。さらに、再建術が成功すれば「心筋虚血」の状態が消失しますから、術後の効果判定にも役に立ちます

図５　心筋血流シンチグラフィ(運動負荷検査と安静検査)

労作性狭心症に対する冠血行再建術への応用（術前の負荷誘発欠損が術後には消失し、冠血流が正常化したことが診断できる）



〈図５下段〉。

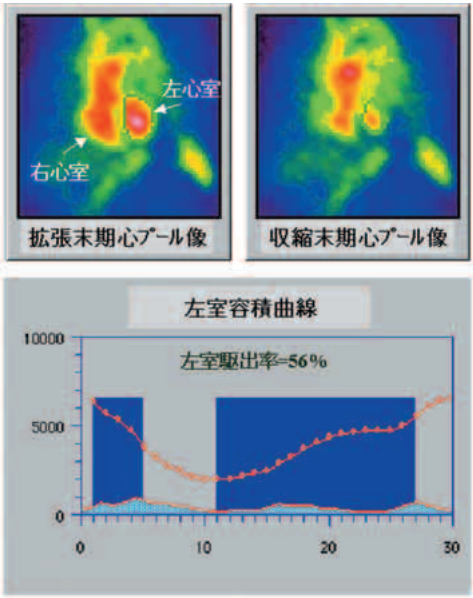
負荷検査は一般に運動負荷を利用しますが、運動の困難な方や危険が予想される方（大動脈瘤など）には、くすりによって血管を拡張させる「ジピリダモール（商品名：ペルサンチン）負荷」や「アデノシン（商品名：アデノスキャン）負荷」が行われます。しかし、これらの薬剤負荷は気管支ぜんそくの患者さんでは、副作用の可能性があり、してはならない禁忌となっています。また、顔面紅潮、頭重感、腹部不快感などの症状を誘発する場合がありますが、この際には拮抗薬であるアミノフィリンの静脈投与で対処できます。

これまで説明してきました「心筋血流シンチグラフィ」の分野では、最近になって、「ＰＥＴ」による局所心筋血流量の計測法が進歩してきています。より定量的な評価によって、診断能力をさらに向上させるよう検討が行われています。

２．心機能の画像診断

心臓の機能を調べるには、テクネチウム-99mで標識した赤血球あるいはアルブミンを用いる「心プールシンチグラフィ」と呼ばれる方法が代表的です。静脈投与直後からの「動態画像収集（ファーストパス法）」と、投与約10分後からの「心電図同期画像収集（平衡時法）」に基づいて、右心室と左心室からどれだけ血液が送り出されるかという駆出率を計測します〈図６〉。

図６　心プールシンチグラフィ
：左室駆出率の計測



冠動脈疾患だけでなく各種心疾患で、心機能の重症度評価を行うために利用されています。特に冠動脈疾患では、冠血行再建術を行ったあとで心機能回復をモニターする方法として重用されています。また、心不全でも、内科的・外科的治療の最近の進歩の中で、心機能への治療効果を判定するために活用されています。

この心機能計測の分野では、最近、「心電図同期心筋血流シンチグラフィ（ＳＰＥＣＴ）」と、優れた心機能解析ソフトウエア（ＱＧＳソフトウエア）を使用する新しい方法が登場しました。左心室の容積が実測できること、心筋血流検査と併用できることなどの利点から、利用される機会が増えています〈図７〉。

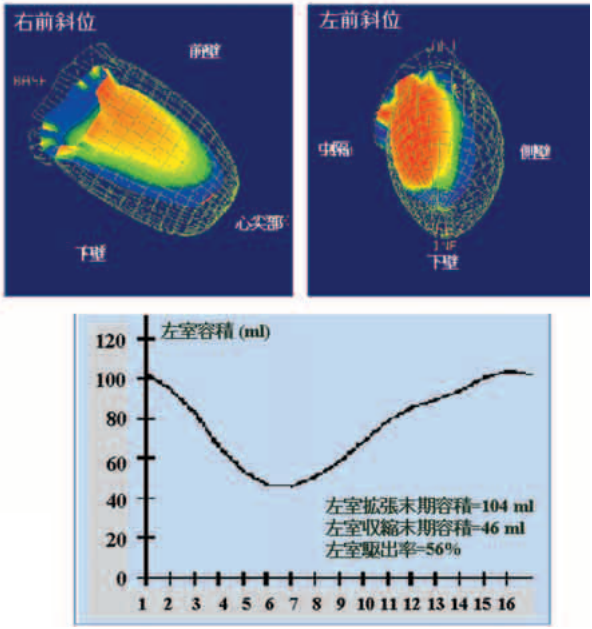
３．心筋代謝の画像診断

「ヨード-123標識のメタヨードベンタデカン酸（ＢＭＩＰＰ）」を用いた「心筋脂肪酸代謝イメージング」と呼ばれる方法が、わが国では使われています。

急性心筋梗塞、不安定狭心症、重症労作性狭心症、冠攣縮（れんしゅく）性狭心症などで、心筋虚血によって生じた代謝異常（集積欠損）が画像診断でき、心筋虚血とその部位の評価や治療効果の判定に用いられます。

この心筋代謝診断の分野では、ＰＥＴを用いた「フッ素-18標識フルオロデオキシグルコース(ＦＤＧ)」による「糖代謝イメージング」も重要性が高く、冠血行再建術の適応を決めるうえで指針となる心筋生存能の評価に対し、最近、健康保険の適用が認められました。

図７　心電図同期心筋血流SPECT検査
：左室容積ならびに駆出率の計測



４．心臓交感神経機能の画像診断

「ヨード-123標識のメタヨードベンジルグアニジン(ＭＩＢＧ)」を用いた「心臓交感神経イメージング」という方法が、わが国では使われています。心臓を緊張状態にする心臓交感神経の働きを画像で観察できるため、心不全に伴う交感神経活動の亢進（こうしん）状態を評価するのに役立ちます。

心不全患者さんの重症度評価、交感神経受容体遮断薬や心臓移植などの治療適応の決定や効果判定、予後の予測などを目的に利用されています。

５．その他の画像診断

急性心筋傷害を描き出す「テクネチウム-99m標識ピロリン酸」は、

急性心筋梗塞、心サルコイドーシス、心アミロイドーシスの診断に利用されています。腫瘍や炎症部位に集まる「ガリウム-67」や「フッ素-18標識フルオロデオキシグルコース(ＦＤＧ)」は、心臓腫瘍や心サルコイドーシスの診断に用いられています。

脳のＲＩ検査

脳梗塞や脳血管の動脈硬化が疑われる患者さんで、脳虚血の重症度評価や脳血行再建術の適応決定・効果判定のために利用されています。最近では痴呆やてんかんの患者さんにも適用される機会が増えてきました。

脳の血流分布を映像化する「脳血流ＳＰＥＣＴ検査」が主に用いられています。また1996年から保険診療が可能となった「酸素-15標識ガス（酸素、二酸化炭素、一酸化炭素）」を用いたＰＥＴ検査は、脳局所の血流量とともに酸素代謝が測定できることから、利用が増えてきています。

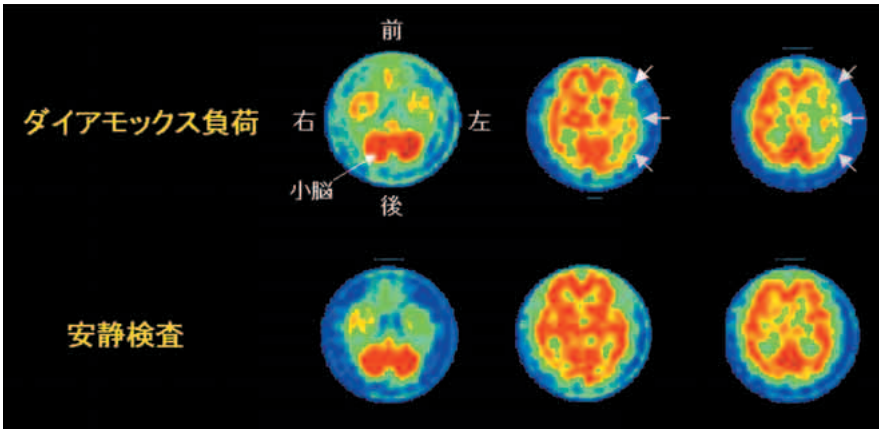
１．ＳＰＥＣＴ（スペクト）による脳血流の画像診断

「ヨード-123標識製剤(ＩＭＰ)」、「テクネシウム-99m標識製剤(ＨＭＰＡＯ、ＥＣＤ)」などの放射性医薬品が、脳血流障害の診断に用いられています。

薬品によって画像の特徴が少し異なりますが、いずれも静脈投与されたあと、脳血流に応じて脳組織に取り込まれるため、血流障害部位を集積欠損像として描出できます。安静時検査は、主として脳血管障害に起因する脳出血や脳梗塞の部位と広がりを観察するのに用いられます。

最近では、痴呆の患者さんにも適用されるようになり、アルツハイマー病と血管性痴呆での集積欠損の違いに基づいて、両方の疾患を判別する試みが行われています。アルツハイマー病では頭の後方に当たる頭頂葉から後頭葉に、血管性痴呆では頭の前方に当たる前頭葉に集積欠損が発生する傾向が認められています。Ｘ線ＣＴやＭＲＩよりも早期に異常が発見できる点でも診断的に価値があるとされています。

図８　脳血流シンチグラフィ（ダイアモックス負荷検査と安静検査）



また、てんかんの患者さんでは、側頭葉に集積異常がしばしば観察されます。

脳血流検査の場合も、心筋血流検査と同様、脳血管拡張薬（アセタゾラミド、商品名：ダイアモックス）による負荷検査を行い、脳血管の動脈硬化の重症度を診断します。脳の正常血管の部分と、狭窄血管の部分の血流増加の程度の違いが、薬剤の集積度の違いとして映像化されるので、安静時検査ではわかりにくい血流障害の部分と広がりを観察することができます。

脳血管障害の患者さんでは、安静時検査の画像と比較して、重症度の診断や脳血行再建術（外科的バイパス術）の治療の適応かどうかを決定します**〈図８〉**。また、この負荷検査は術後の血流改善の状態を評価するのにも役立ちます。

検査の注意として、ダイアモックス負荷では頭痛、頭部不快感（ふあーっとした症状）が出現することがあります。また、利尿効果によって検査中に尿意を催すことがありますので、検査前には必ず排尿をしてください。こうした副作用を考え、私たちの病院では、作用が早く消えるよう、検査後には300ml以上の水分をとっていただくことにしています。

２．ＰＥＴ（ペット）による脳血流・酸素代謝の画像診断

「酸素-15標識ガス」を用いたＰＥＴ検査で、脳血流量、脳酸素消費量、酸素摂取率が画像で診断できます。

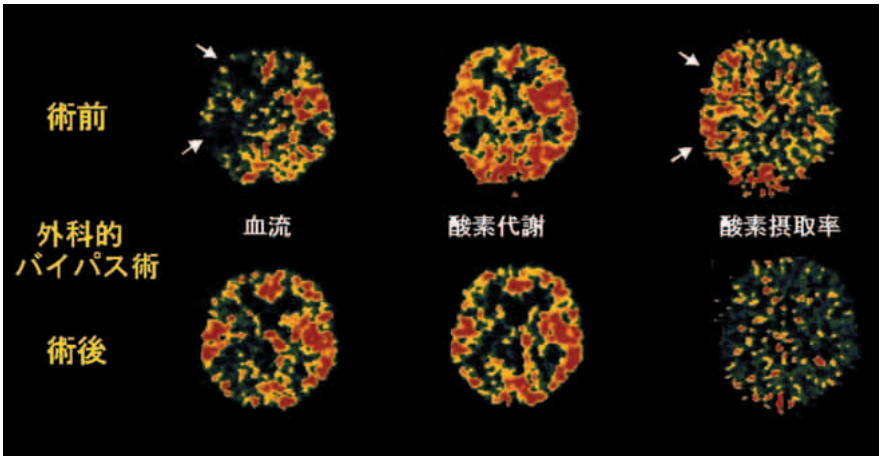
正常な脳血流量の平均は、50ml（１分間／脳組織100ｇあたり)です。脳血管障害の患者さんでは、脳血流量の低下が起こりますが、酸素を多くとることによって酸素摂取率が高まり酸素代謝が維持され（「貧困血流」)、脳の機能は正常に保たれます。

しかし、この状態は脳梗塞を発症する可能性が高く、非常に危険で、脳血行再建術による血流改善などの治療を必要とします。

ＰＥＴ検査は、酸素摂取率の上昇を映像化することによって、この危険な状態を早期に発見し、治療の適応決定に貢献することができます**〈図９〉**。脳血管障害の患者さんにとって、いかにＰＥＴ検査が重要かがおわかりいただけると思います。

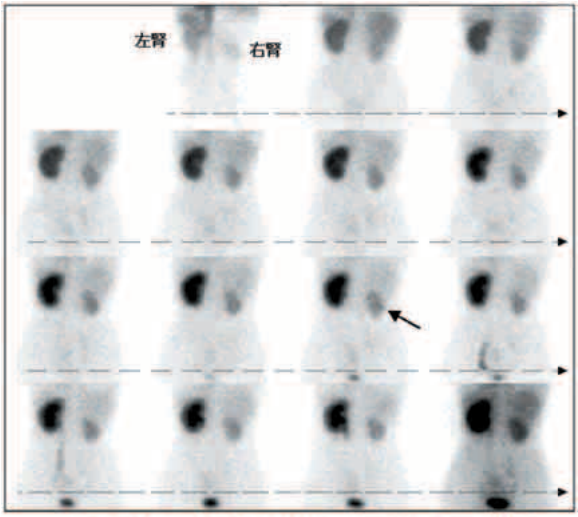
痴呆の患者さんに対してもＰＥＴ検査が利用されています。「フッ素-18標識フルオロデオキシグルコース（ＦＤＧ)」を利用すると、グルコース代謝異常の検出が可能で、アルツハイマー病では病変部位をはっきりとらえることができます。

図９　酸素-15標識ガスを用いた脳PET検査



腎臓のＲＩ検査

図10　腎動態シンチグラフィ
（レノグラム検査）



腎臓の形態の異常を描き出す「腎シンチグラフィ」と、腎臓の機能（働き）を診断する「腎動態シンチグラフィ（レノグラム検査と呼ばれる）」があります。なかでも「レノグラム検査」は、他の検査では困難な左右の腎機能を別々に測ることができるため、腎臓病の患者さんの診断に重用されています。

腎臓の病気には、全身疾患に伴うもの、腎臓の血管病変によるもの、腎臓自体の異常、膀胱や尿管の障害に起因するものなど、さまざまな原因があります。

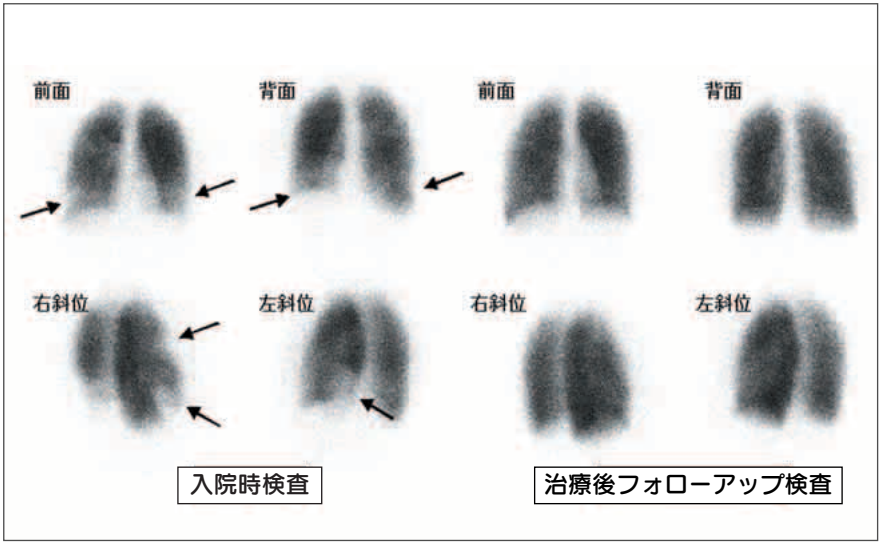
レノグラム検査は、腎臓へのＲＩの集積と排泄の時間変化を動態画像収集によって計測するもので、その時間放射能曲線の形から腎臓病の診断がある程度可能です。腎動脈の動脈硬化が原因で生じる腎血管性高血圧の患者さんにとっては重要な検査で、左右どちらの腎臓がどの程度悪いかがわかります〈**図10**〉。

肺のＲＩ検査

肺血流の状態を映像化する「肺血流シンチグラフィ」と、肺換気の状態を映像化する「肺換気シンチグラフィ」があります。

肺血流シンチグラフィは、最近よく耳にするエコノミークラス症候群（航空機の中で長時間座ったままの乗客が急に呼吸困難に陥る）の原因

図11　肺血流シンチグラフィと肺換気シンチグラフィ



とも考えられている肺動脈の血栓塞栓症などで、肺動脈の血流障害を調べるのに用いられます。

この検査で、肺のどの血管が詰まり、それにより肺のどのくらいの範囲で血流が低下しているかがはっきりわかります。肺血栓塞栓症に行われる血栓溶解治療では、肺血流シンチグラフィよって肺血流の改善の様子を知ることができます〈**図11**〉。

一方、肺換気シンチグラフィは、肺気腫や慢性気管支炎など慢性的な閉塞性肺疾患の患者さんの呼吸機能を調べるために行われます。

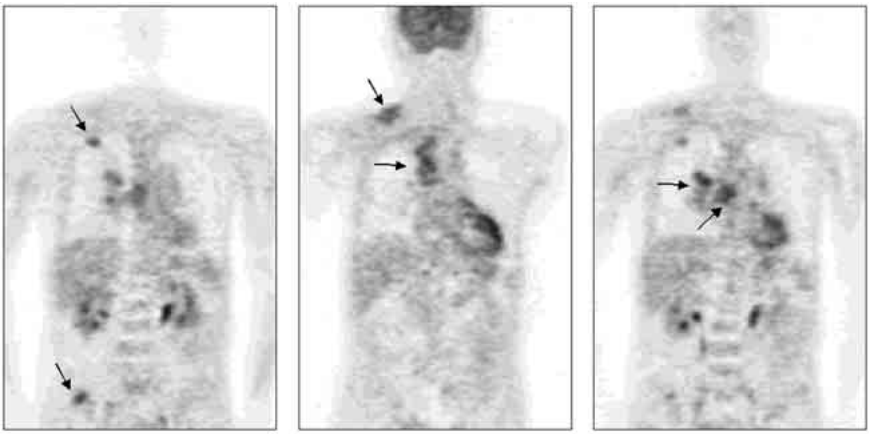
肺血流シンチグラフィと肺換気シンチグラフィを併せて実施することも、肺動脈の異常か、気道の異常かを判別するためにしばしば行われます。もし肺換気が正常なのに肺血流が低下していれば（血流・換気ミスマッチといいます）、肺動脈だけの異常だとわかります。また、肺換気も肺血流も異常であれば、肺血管・気道を含めた肺組織に異常があると診断できます。

悪性腫瘍のＲＩ検査

循環器病に合併した悪性腫瘍の診断も当施設では、大きな課題となっています。「ガリウム-67」による「全身シンチグラフィ」を用いて、原発巣ならびに転移巣の検出が行われています。最近になって「フッ素-18標識フルオロデオキシグルコース(ＦＤＧ)」を用いた全身ＰＥＴ検査が導入されるようになり、診断精度が非常に向上してきました。

悪性腫瘍細胞がグルコース（糖）を栄養源として利用する特徴を生かした診断法なので、腫瘍の良性悪性の判別が可能で、早期診断（スクリーニング）、手術や放射線治療後の再発の診断など、その重要な役割が注目されています〈**図12**〉。

図12　フッ素-18標識フルオロデオキシグルコース(FDG)を用いた全身PET検査による悪性腫瘍の診断（肺がんの一例）



ＲＩ検査の安全性

ＲＩ検査では、ラジオアイソトープが体内に入りますので、放射線の被ばくは避けられません。しかし、最初に説明しましたように、半減期の短い、つまり、放射能の減衰する速度の速いラジオアイソトープを使

い、しかも投与量はごく微量です。

ＲＩ検査１回あたりの被ばく量は0.2から8ミリシーベルト(mSv)です。検診の胸部Ｘ線撮影では0.05 mSV、Ｘ線ＣＴ検査では8.3 mSv、検診の胃Ｘ線検査では0.60 mSVですから、被ばく量は多くてもＸ線ＣＴ検査ぐらいです。

わが国では年間に180万件以上のＲＩ検査が行われていますが、放射線障害の事例は発生していません。しかし、ＲＩ検査では、発疹、吐き気、皮膚発赤、顔面紅潮など軽微な副作用がまれに出現します(10万件あたり2.1から2.5件)。

これらは、薬品に対する過敏性によるもので、放射線による影響ではないことが確かめられています。このような事実から、ＲＩ検査では、放射線の被ばくによる人体への影響はほとんど心配する必要がないと考えられています。

一方、患者さんだけでなく、そのごく近くにいる人も放射線を受けることにも注意が必要かもしれません。しかし、その量は多く見積もっても自然放射線の1/10で、健康に影響する量ではありません。ただし、授乳中の女性が検査を受けられた場合には、数日間の授乳制限を行っていただき、乳児への影響を避ける配慮をしています。

「知っておきたい循環器病あれこれ」は、シリーズとして定期的に刊行しています。国立循環器病センター正面入り口近くのスタンドに置いてあります。ご自由にお持ち帰りください。

財団法人　循環器病研究振興財団

事　業　の　あ　ら　ま　し

財団法人循環器病研究振興財団は、昭和62年に厚生大臣の認可を受けて設立された特定公益法人です。循環器病の制圧を目指し、循環器病に関する研究の助成や、新しい情報の提供・予防啓発活動などを続けています。

これらの事業をさらに充実させるため、金額の多少にかかわらず、広く皆さまのご協力をお願いしております。

【　募　金　要　綱　】

- 募金の名称：財団法人循環器病研究振興財団基金
- 募金の目的：脳卒中・心臓病・高血圧症など循環器病に関する研究を助成、奨励するとともに、これらの疾患の最新の診断・治療方法の普及を促進して、循環器病の撲滅を図り、国民の健康と福祉の増進に寄与する
- 税制上の取り扱い：会社法人寄付金は別枠で損金算入が認められます
  個人寄付金は所得税の寄付金控除が認められます
- お申し込み：電話またはFAXで当財団事務局へお申し込み下さい

事務局：〒565-8565　大阪府吹田市藤白台5丁目7番1号
TEL　06-6872-0010
FAX　06-6872-0009

知っておきたい循環器病あれこれ ㉝
ＲＩ検査で何がわかる？（改訂版）
2006年10月1日発行
発 行 者　財団法人　循環器病研究振興財団
〒565-8565　大阪府吹田市藤白台5-7-1　☎06-6872-0010
編集協力　関西ライターズ・クラブ
印　　刷　株式会社　新聞印刷

財団法人　循環器病研究振興財団

協　賛

万有製薬株式会社

第一製薬株式会社

この冊子は循環器病チャリティーゴルフ（読売テレビほか主催）
と協賛会社からの基金をもとに発行したものです