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

64

心臓病の新しい画像診断
CTとMRI

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　菊池　晴彦

日本は平均寿命の世界トップをひた走っていますが、それはいつまで続くのでしょうか。国連が発表した「世界人口予測2004版」によると、2050年になっても日本は世界一の長寿国にとどまり、社会の高齢化が一段と進むと報告されています。

わが国の平均寿命は2000～2005年が81.9歳（世界平均64.7歳）。それが2045～2050年には88.3歳（世界平均74.7歳）へと延び、米寿が当たり前の社会を迎えます。そこで、日本にはこれからどんな社会を目指すべきなのかが大きな課題となります。

政府の経済財政諮問会議が策定を進めている「日本21世紀ビジョン」の原案は、2030年の日本の理想的な姿を実現するのに、新しい「三種の神器」が欠かせないと指摘しています。その三種の神器とは ①質の高い健康サービス ②年齢にかかわらず楽しめる生涯教育サービス ③夫婦が共同で子育てを行うための支援サービス――です。

「質の高い健康サービス」かどうかの“ものさし”は「健康寿命」です。健康寿命は健康で自立して生活できる期間、つまり、平均寿命から病気や寝たきりの期間を差し引いた健康な期間のことです。「日本21世紀ビジョン」は、日本の現在の健康寿命75歳（これも世界一）を、さらに5歳延ばして80歳にするのを目標にしています。

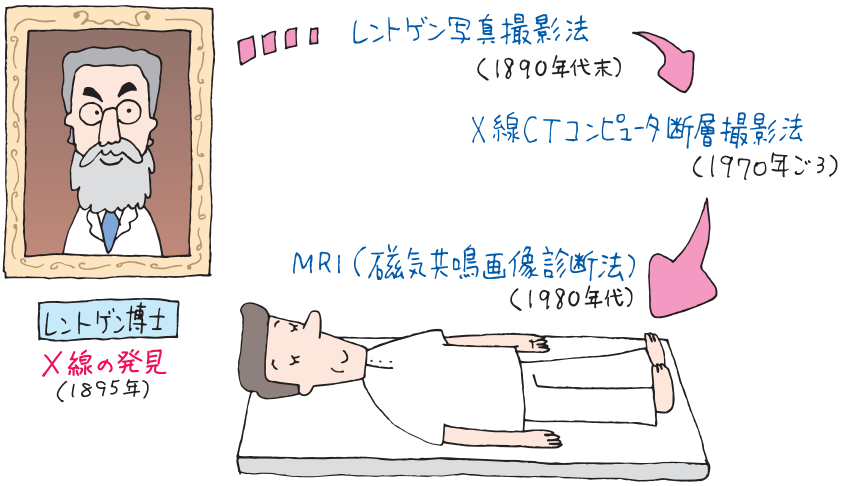
日本の未来は、健康寿命をさらに長くすることにかかっているわけですが、それを実現するのは生やさしいことではありません。がん、循環器病（脳卒中、高血圧症、虚血性心疾患、大動脈瘤など）、糖尿病といった生活習慣病が、健康寿命延長の大きなハードルになっているからです。

しかし、循環器病は食生活、運動、禁煙などのライフスタイルの改善と、危険因子を避ける生活を心がければ予防できますし、治療や再発予防にも役立ちます。それには、患者さんが医療スタッフと情報を共有し、健康的な日々を送る「実践の主役」となることが前提となります。

患者さん、家族の皆さんに、循環器病の予防、治療に必要な最新情報を共有してもらうため、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。

執筆陣は国立循環器病センターの先生方で、最新の情報をできるかぎりわかりやすく解説してもらっています。この小冊子がいろいろな場面で、皆さんの健康寿命アップ作戦に役立つのを期待しています。

心臓の検査はどんどん楽になる



もくじ

画像診断――画像で体の中の様子を調べる …… 2
虚血性心疾患の新しい画像診断 …… 3
心臓のCT――冠動脈をCTで見る …… 4
- CTとは
- 最近の進歩――ヘリカルスキャンとマルチスライスCT
- CTで心臓が見えるようになった
- 冠動脈のCT血管撮影――狭窄診断能力はカテーテル法にほぼ匹敵
- CTで冠動脈壁を見る――不安定プラークの診断

心臓のMRI――心筋梗塞をMRIで見つける ……11
- MRIとは
- 画像の特徴――断面の自在性と多彩なコントラスト
- MRIの遅延造影効果――非常に鋭敏な心筋梗塞の指標
- 造影MRIでは心筋梗塞の重症度もわかる

古くて新しい心臓のCTとMRI――まとめ……13
- 良いところと気になるところ
- CTとMRIは心臓病の診療に大きな進歩をもたらす

心臓病の新しい画像診断
CTとMRI

国立循環器病センター
放射線診療部 部長　内藤　博昭

画像診断――画像で体の中の様子を調べる

いまや病気の診断や治療に欠かせなくなった「画像診断」――。それは、目に見えない体の情報、例えば体の中の様子などを、見えるようにして調べる検査の総称です。

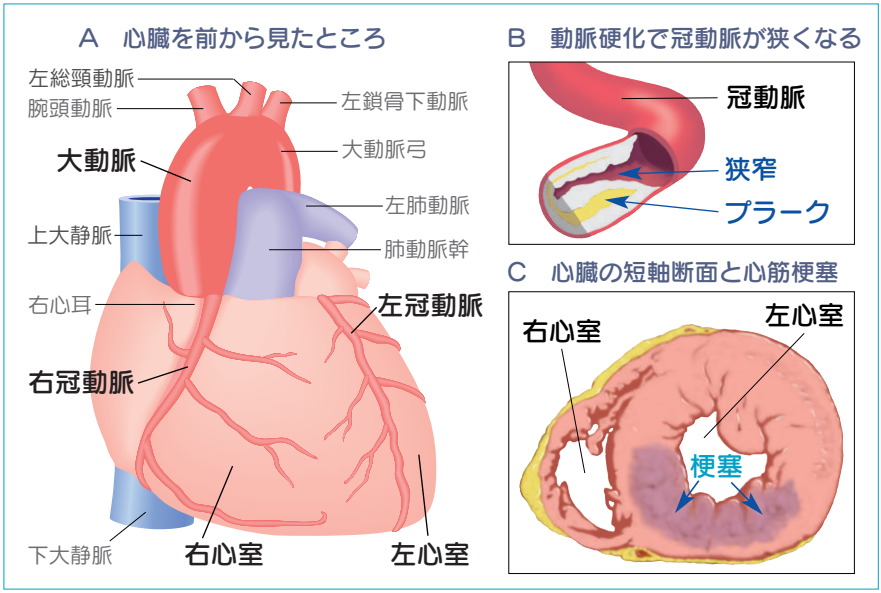
1895年にドイツのレントゲン博士が発見したX線を使った写真撮影がその始まりで、おなじみの「レントゲン撮影」には100年以上の歴史があるのです。画像診断の方法は、その後も次々と高性能のものが開発されました。中でも1970年ごろに登場したX線CT（コンピュータ断層撮影法）と、少し遅れて現れたMRI（磁気共鳴画像診断法）は、現在の主力選手といえるでしょう。

このようにCTとMRIは決して新しい検査ではないのですが、心臓の画像診断法として注目されるようになったのは、実は最近のことです。装置や撮影技術の急速な進歩で不得意な部分が改良されて、心臓の検査でも両方法の長所を生かせるようになったのがその理由です。

この冊子では、特に話題になっている、CTとMRIの虚血性心疾患への応用について、画像も見てもらいながら紹介します。画像が難しくてよくわからないと感じられる方もおられましょうが、私たちが患者さんに知っておいてほしいと考える点は文章で説明しています。画像と文章によって基本的なところを理解していただければ、と願っています。

以下は、これらの検査を受けられる患者さんと、その家族の皆さんに、ぜひ知っておいてほしい最新情報です。

図１　虚血性心疾患とは　心筋に栄養を与える冠動脈の血液の流れが悪くなると、狭心症や心筋梗塞を発病する



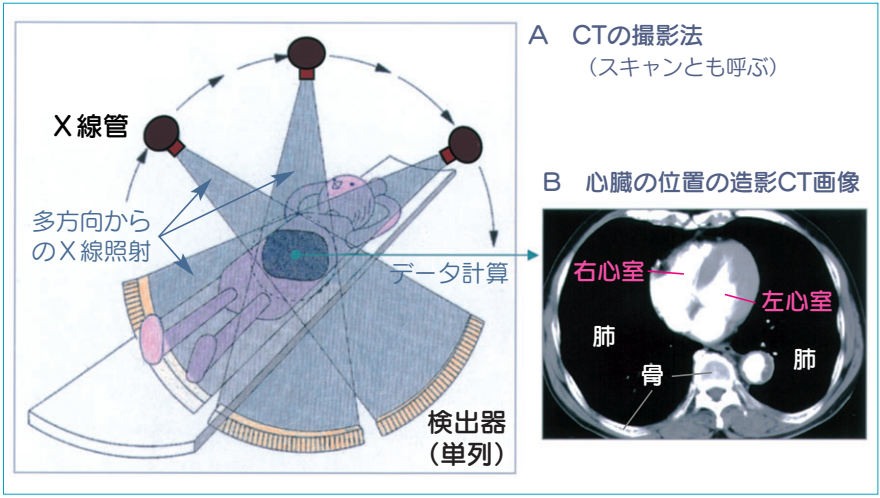
虚血性心疾患の新しい画像診断

心臓から出る大動脈のつけ根のところから、心臓の筋肉に栄養を与える血管、冠動脈（冠状動脈）が枝分かれします〈**図１A**〉。動脈硬化症が原因で、この血管の壁に粥腫（おかゆ状の沈着物）、または動脈硬化斑（プラーク）と呼ばれるかたまりができて、血液の流れる内腔が狭くなり（狭窄）〈**図１B**〉、心筋への血のめぐりが悪くなって起きる病気が「虚血性心疾患」です。

これは最も重要な心臓病の一つで、その中には心筋の血流が不十分で胸の痛みを生じる「狭心症」と、冠動脈が詰まって心筋が死んでしまう「心筋梗塞」という病気が含まれます。〈**図１C**〉は画像検査でもよく使われる「短軸断面」と呼ばれる心臓の輪切り像で、心筋の一部に起きたばかりの梗塞のところが描かれています。

そこで虚血性心疾患の診療では、冠動脈と心筋の様子を調べることが

図２　CTの原理
CTはコンピュータでX線の輪切り像をつくる検査法



欠かせません。最近、これにCTとMRIが非常に有効なことがわかってきました。CTで冠動脈を見る検査と、MRIで心筋梗塞を見つける検査の二つが、虚血性心疾患の新しい画像診断として注目を集めています。

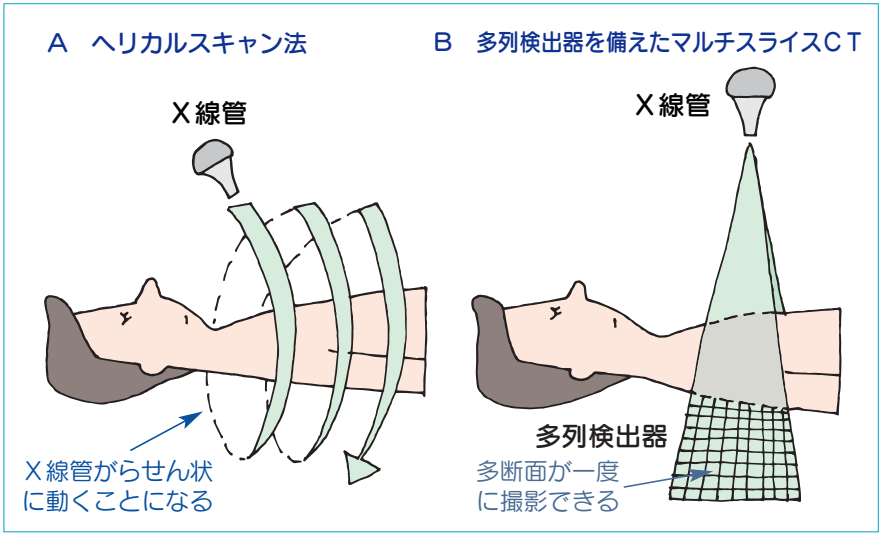
心臓のCT――冠動脈をCTで見る

CTとは

CTは体のある断面部分をねらって、多くの方向からスリット状にX線を照射し、そのデータからコンピュータで体のX線輪切り像を作る検査法です。X線の投影データを集める撮影の作業は「スキャン」とも呼ばれています〈**図２A**〉。

できあがったCTの画像では、骨や石灰化部分は白く、空気を含む肺や皮下脂肪などの脂肪組織は黒く、筋肉や血管壁などは灰色に表示されます〈**図２B**〉。血液はそのままでは灰色で、心筋や血管壁とのコントラストが付かないので、血液部分を白く強調するためにヨード造影剤の静脈注射をします。冠動脈のCT検査でも造影剤の注射はほぼ必須といってよいでしょう。

図３　CT技術の進歩　二つの新技術を組み合わせると、薄い断面での広い範囲のCT撮影が短い時間で行える



最近の進歩――ヘリカルスキャンとマルチスライスCT

CT技術の最近の大きな進歩は「ヘリカルスキャン法」と「マルチスライス装置」の登場です。そしてこの二つの新技術を組み合わせて、薄い断面で広い範囲を撮影することが、短い時間でできるようになったのです。

「ヘリカルスキャン」のヘリカルは「らせん状」のことで、かみくだいていうと、X線管が検査を受ける人の周りをらせん状に取り巻いて動きながら照射し、撮影することになるので、この名前がついています〈図３A〉。やや専門的になりますが、正確にいうと、X線管を連続回転してX線を出し続けながら、検査台を移動する撮影法のことです。

ある断面のスキャンと、次の位置への検査台の移動を交互に繰り返す古い撮影法に比べて、スキャンと移動が同時進行のこの方式では撮影時間が著しく短縮されました。

もう一つの進歩は検出器の多列化で、薄い多数の断面の撮影が同時に行えるようになりました〈図３B〉。このような装置は「マルチスライ

スCT」、または「多検出器列CT（MDCT）」と呼ばれています。

検出器の多列化は2000年ごろから一気に加速し、2列、4列、8列、16列から64列装置に至っていて、今後もさらに進むかもしれません。

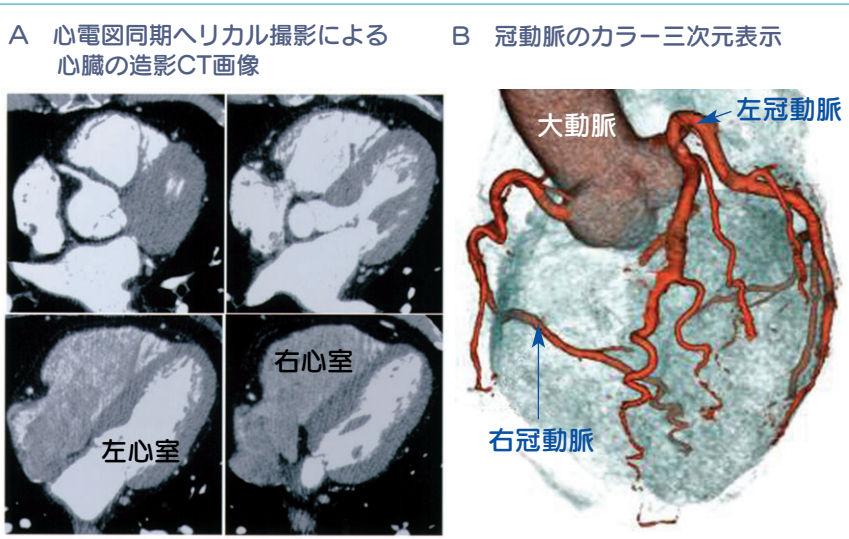
CTで心臓が見えるようになった

これまで、CTは心臓の撮影が苦手でした。それは心臓がよく動くので画像がブレてしまうためなのですが､この問題はスキャンの高速化と、心電図に合わせたデータ収集法によってほぼ解消されています。

マルチスライス装置で、心電図に合わせて撮影する「心電図同期ヘリカルスキャン」を行うと、薄い画像の積み重ねで心臓の静止三次元データを得られるようになりました。**〈図４A〉**は心臓全体をカバーする多くのCT画像の一部です。そしてこのデータをうまく表示してやると、心臓や冠動脈の様子が**〈図４B〉**のように立体的に診断できるようになったのです。

冠動脈は大動脈に近いところでも4mmほどの太さしかないのですが、

図４　心臓のマルチスライスCT　薄いCT断面を積み重ねた体積データを使って、心臓や冠動脈の三次元画像診断ができる



CTの画像は1mm程度のきめの細かさがあるので、冠動脈の主要な部分の狭窄は十分に調べられます。

冠動脈のCT血管撮影――狭窄診断能力はカテーテル法にほぼ匹敵

心臓カテーテルの時に冠動脈の入り口にカテーテルを入れてヨード造影剤を注入し、X線撮影を行う方法――これが最も信頼性の高い冠動脈狭窄の検査です〈**図5A**〉。ただ、足の付け根や手の動脈に針を刺してカテーテルを入れる必要があるので、負担の軽い検査ではありません。

〈**図5B**〉をご覧ください。今では、造影剤を静脈注射するCT血管撮影（CTA）でもカテーテル法に近い画像が得られます。CTでは血管壁の石灰化プラーク（すでに説明した動脈硬化斑と呼ばれるかたまりに石灰が付いたもの）や、ステント（冠動脈の狭くなった部分を広げておく金網状の筒）が白く見えすぎて、その部分を調べにくいのが欠点ですが、おおよその血管の様子は同じように見えていることがおわかりいただけると思います。

またCTには冠動脈の長軸に沿う曲がった断面や、輪切り断面での表

図5　冠動脈狭窄を調べるには　同じ症例を二つの方法で撮影。冠動脈の狭窄は、二つの撮影法でほとんど同じように見つかっている

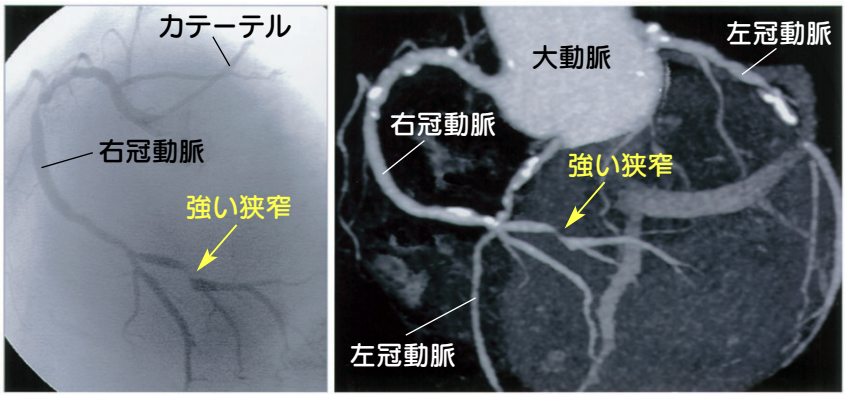
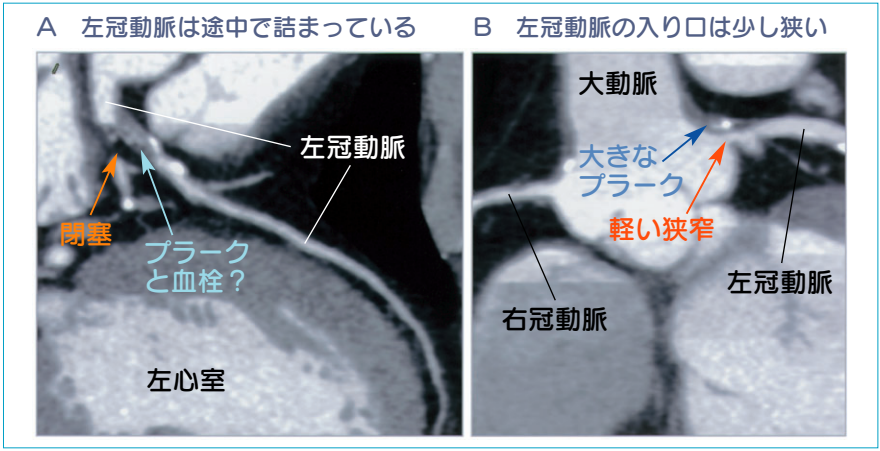


図６　断面表示による冠動脈CTA　断面表示型のCTAでは、冠動脈の内腔の狭窄とともに、冠動脈の壁の様子もわかる



示法もあって、これも狭窄の診断に非常に有効です。〈**図６A**〉は左冠動脈が途中でほぼ完全に詰まってしまっている例、〈**図６B**〉は左冠動脈の入り口に軽い狭窄がある例の、冠動脈長軸を含む断面表示型のCTAです。

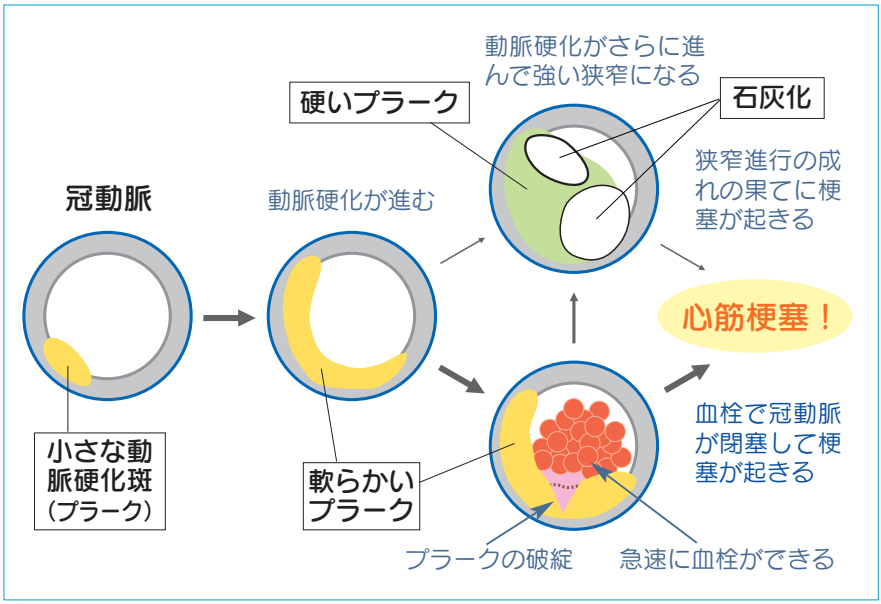
では、冠動脈CTAの診断はどれくらい正確なのでしょうか。16列マルチスライス装置を使ってカテーテル法と比較した報告では、CTAの狭窄診断精度は90％以上とされ、最近の64列装置ではさらに少し精度が向上しています。

また100％に近い「無病予測率」がCTAの特徴です。具体的にいうと、CTで「冠動脈狭窄がない」と診断した場合はまず大丈夫、という意味です。

CTで冠動脈壁を見る――不安定プラークの診断

CTAには、カテーテル法ではわからない冠動脈の異常が診断できるかもしれない、という期待もあります。〈**図６**〉の断面表示型のCTAでは、内腔のほかに冠動脈の壁の様子も見えていて、例えば〈**図６B**〉では大きなプラークが狭窄の原因となっていることがわかりますが、これはカテーテル法では見えないところです。最近、このような冠動脈壁が

図7　心筋梗塞の起こりかた　心筋梗塞は、まだ狭窄が強くないときに軟らかいプラークが破綻し、そこにできた血栓が冠動脈を閉塞して起きることが多い

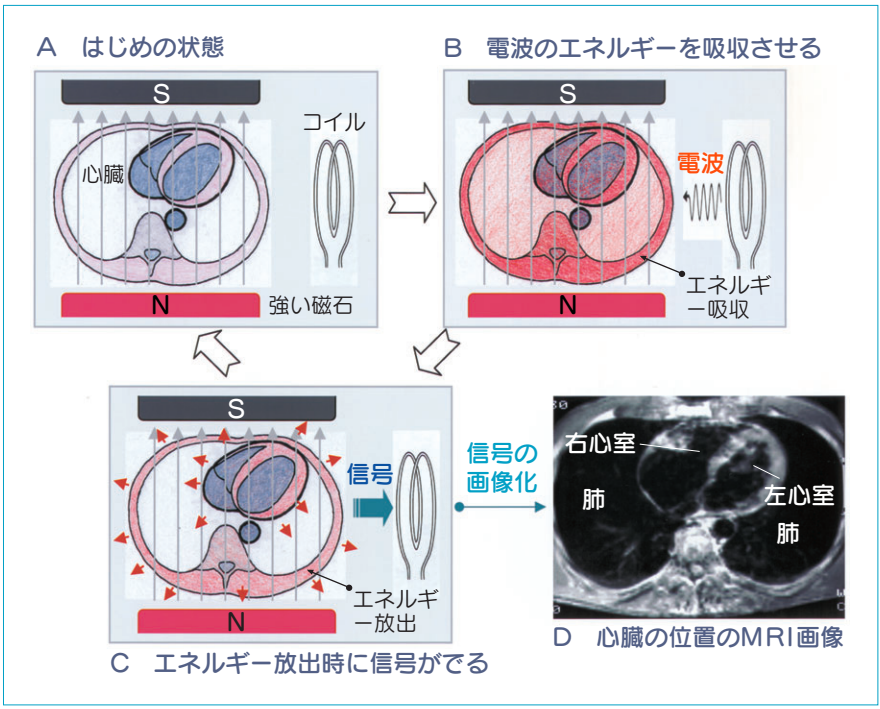


注目される背景には、心筋梗塞の起こりかたについての考え方の変化があります。

昔は、心筋梗塞は冠動脈の動脈硬化が進んで狭窄が強くなり、そのなれの果てに起きるものと考えられていました。もちろんそういった場合もあるのですが、最近では、まだ狭窄が軽いうちに脂質を含む軟らかい動脈硬化プラークが破綻して血栓ができ、それが冠動脈を閉塞して梗塞を引き起こすほうがずっと多いことがわかってきました〈**図7**〉。

そこで、このような破綻しやすい「不安定プラーク」を前もって見つけることができれば、心筋梗塞の発症予防につながる可能性があります。CTで脂肪は黒く見えるので、プラークの大きさだけでなく、中の性状もわかるのではないか、と期待されていて、CTAによる不安定プラー

図8　MRIの原理　MRIでは強い磁石と弱い電波を使って水素原子核を画像化する



ク診断の研究が進められています。

心臓のMRI――心筋梗塞をMRIで見つける

MRIとは

次は心臓のMRIの話です。本題に入る前に、MRIはどのような検査かについて、簡単に触れておきましょう。

MRIでは、まず地球の磁気の数万倍の強さをもつ磁石を装備した筒状の装置の中に体を入れ〈**図８A**〉、次にラジオの周波数帯の弱い電波を照射して、体のある断面の中に含まれる水素の原子核に電波のエネルギーを吸収させます〈**図８B**〉。そして電波の照射を止めると、吸収されたエネルギーは放出されて元に戻り〈**図８C**〉、そのときに得られる信号をコンピュータで画像化します〈**図８D**〉。理屈は複雑ですが、簡単に言うと磁石と電波を使って水素の原子核の状態を絵にする方法です。

なおMRIでは電波を当てるたびに機械の振動音が発生し、それがかなりやかましい場合もあります。ただ、この検査は放射線を使わないので、「被ばく」の心配はありません。

画像の特徴――断面の自在性と多彩なコントラスト

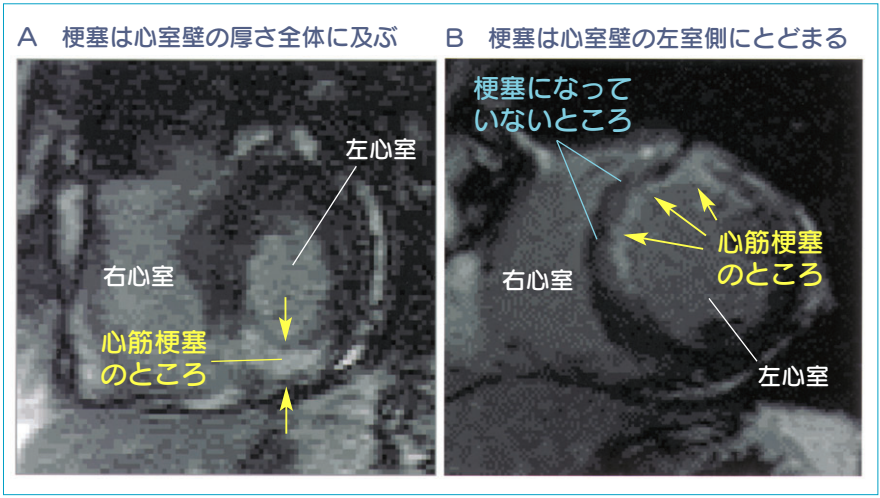
MRIの断面、つまり電波のエネルギーを吸収させる場所は、機械の操作で自由に決められるので、断面が自在に設定できます。これがMRI画像の特徴の一つで、〈**図８D**〉はちょうどCTと同じ体の水平横断の輪切り像です。

画像のコントラストが多彩なこともMRIの特徴です。CTでのヨード造影剤と同じように静脈注射で使うMRI用の造影剤はガドリニウム造影剤で、病気の部分にコントラストをつけるのに使われていますが、その効果はCTのヨード造影剤よりさらに強力です。そして心臓では心筋梗塞の場所が造影されて白く光ること――つまり「遅延造影効果」と呼ばれる見え方が今、話題になっています。

MRIの遅延造影効果――非常に鋭敏な心筋梗塞の指標

〈**図９**〉にその遅延造影効果の例をお示しします。心筋梗塞の方の心

図９　心筋梗塞の遅延造影MRI　ガドリニウム造影剤を注射して５分以上たつと、心筋梗塞のところはよく造影されて白く見える（遅延造影効果）



臓の輪切り像、ちょうど〈図１C〉と同じ「短軸断面」のMRI画像で、ガドリニウム造影剤を注射して10分以上たってからの撮像です。白く光る心筋梗塞のところは、**〈図９A〉**では左心室の壁の厚さ全体を占める「貫壁性」なのに対して、**〈図９B〉**では壁の左心室に面する部分に限られる様子がよくわかると思います。**〈図９A〉**の例は心筋梗塞の場所も〈図１C〉の模式図にそっくりですね。

ガドリニウム造影剤を注射して数分以上経過すると心筋梗塞の場所が白く染まってくる現象は、実は20年前からわかっていました。それが最近の撮像法の改良ではっきり見えるようになってリバイバルし、大ヒットになりました。

血のめぐりが悪いはずの梗塞部がよく造影されるというのは不思議な気がしますが、これは心筋細胞が死んで数が減り、造影剤がゆっくりと広がってたまる細胞外の隙間（すきま）が正常の心筋よりずっと広くなったためと考えられています。

心筋梗塞の遅延造影の第一の特徴は、梗塞の検出感度の高さで、例え

ば左心室の内膜側や右心室などのわかりにくい場所にできた梗塞でも、ほぼ100％見つけることができます。

第二の特徴は遅延造影と実際の梗塞の大きさがよく一致することです。このため〈**図９B**〉の例では、心室壁の左心室に面した遅延造影部分の外側に、梗塞になっていない「生きた」心筋が残っているのがわかります。ですから、例えばその場所の心筋の収縮が悪くても、カテーテル治療や手術で冠動脈の血流を改善してやれば、働きの回復が期待できることが、この画像から言えるのです。

造影MRIでは心筋梗塞の重症度もわかる

遅延造影効果は心筋梗塞の広がりをよく表すので、その大きさや心室壁内の分布から重症度を判定できることは当然なのですが、起こったばかり、つまり急性期の心筋梗塞では、MRIの造影効果は典型的な遅延造影だけでなく、重症のものとそうでないものに違いがあることがわかってきました。

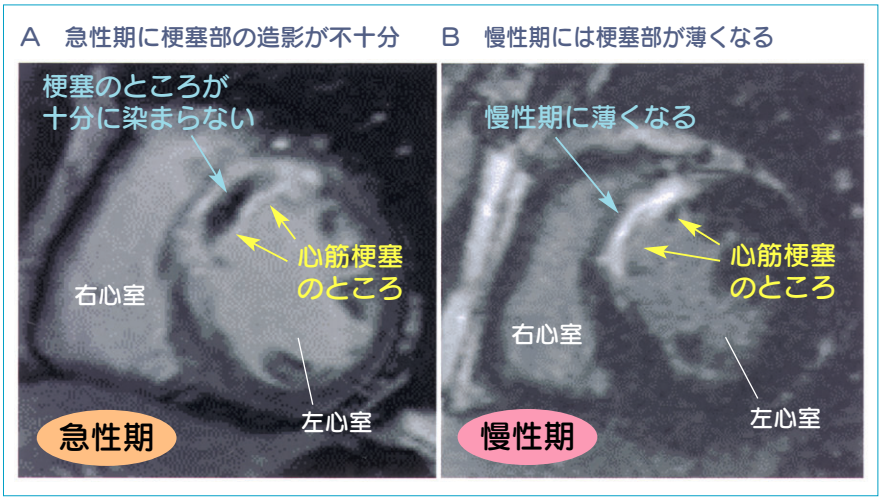
〈**図10**〉はある心筋梗塞の方の急性期と慢性期での遅延造影MRI検査の画像で、〈図９〉と同じ心臓の短軸断面像です。急性期の心筋梗塞での最も重症の心筋傷害のパターンは、〈**図10A**〉のように梗塞部が十分な遅延造影を示さないもので、中心に造影されない黒いところがかなり大きく残っています。このような造影パターンの場所は、慢性期には強い傷跡の状態になってしまって、心筋が薄く、収縮の働きがなくなるのが普通です〈**図10B**〉。つまり梗塞心筋の慢性期での回復状況が、急性期の造影MRIである程度、予想できることになります。

古くて新しい心臓のCTとMRI――まとめ

良いところと気になるところ

CT、MRIともに検査を受ける人にとって負担が少ない「低侵襲（ていしんしゅう）的検査」といわれています。ここで紹介した心臓の検査は、体のほかの場所の検査に比べて少し手が込んではいますが、例えばカテーテル検査に比べると安全で、ずっと楽なことはまちがいありません。

図10　梗塞による重症の心筋傷害では　急性期に心筋梗塞のところが十分な遅延造影を示さないと、慢性期には強い傷あとの状態になる



冠動脈のCTと心筋梗塞のMRI検査に共通した問題点はなんでしょうか。気になるところは、造影剤の副作用です。

ヨード造影剤で約3%、ガドリニウム造影剤で１%程度に、むかつき

検査の前に申し出てください

過去に造影剤で
副作用があった方

喘息の
患者さん

体内にペースメーカーなどがある方

や嘔吐、じんましんなどが出ることがあり、重症の副作用は数千人に１人、死亡は数十万人に１人と言われています。

過去に造影剤で副作用のあった方や喘息の患者さんは、ない場合に比べてずっと副作用が出やすいので、そのようなことがあれば必ず申し出てください。

冠動脈CT検査の問題点は、X線の被ばくが普通のCTより多いことで、撮影の仕方によってはカテーテル検査の時のＸ線撮影に匹敵するか、さらに多いとの意見もあります。もちろん、すぐに障害が出るような被ばく量ではありませんが、被ばくを減らすための装置や撮影法の改良は、今後も続ける必要があるでしょう。

MRIはペースメーカ装着者の検査ができないなど、対象者が制限されることが問題ですが、これは心臓や心筋梗塞のMRI検査だからというものではありません。現在のところ、地磁気の数万倍という強い磁場にさらされることによる人体への悪影響は確認されていません。ただ、体内に金属異物があると、体に障害が出る可能性があるので、これも必ず申し出て下さい。

CTとMRIは心臓病の診療に大きな進歩をもたらす

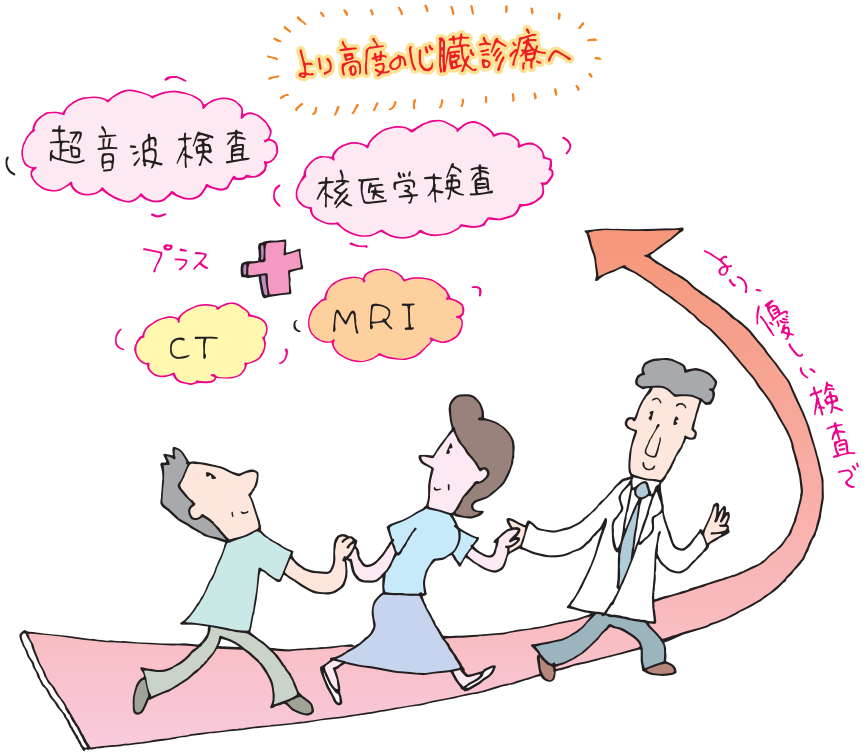
「古くて新しい」心臓のCTとMRIについて紹介してきました。

冠動脈のCT検査は、かなり信頼性の高いことがわかってきたため、カテーテル検査に代わって冠動脈の病気の診断から経過観察まで、広く使われようとしています。

また心筋梗塞のMRI検査も非常に感度が高いので、梗塞の診断だけでなく、その重症度判定や経過の予測にも使用できることが確認されています。

心臓の低侵襲的な画像診断法には、ほかにも超音波検査や核医学検査などの優れた方法があります。それらに新しいCTとMRIを加えてうまく役割を分担すれば、「より優しい検査で、より高度の診療」を提供できるはずです。

ここで解説しました二つの検査には、心臓病の診療に大きな進歩をもたらす可能性があると考えています。



「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、1987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 ㊹
心臓病の新しい画像診断
CTとMRI

2007年9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

本書の内容の一部、あるいは全部を無断で複写・複製・引用することは、法律で認められた場合を除き、著作権者、発行者の権利侵害になります。あらかじめ当財団に複写・複製・引用の許諾をお求めください。

財団法人　循環器病研究振興財団

協　賛

万有製薬株式会社

第一三共株式会社

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