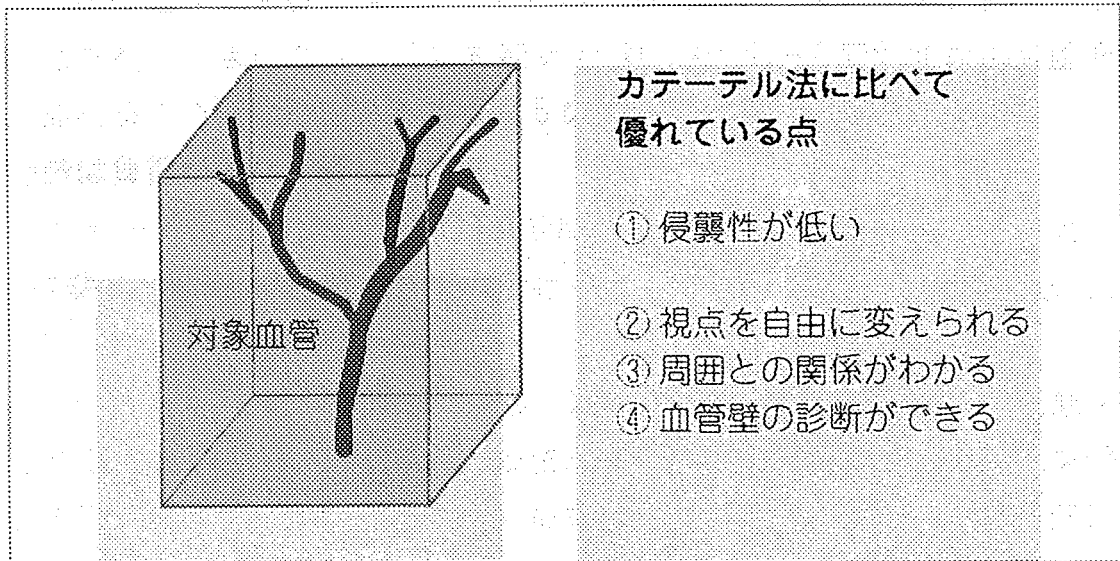


図4 三次元アンジオグラフィの原理と特徴  
 CTやMRIによる三次元血管画像は、対象の血管を含む体積データの  
 後処理で作られる



CTAでは、ヨード造影剤を静脈内に注射し、短時間に、薄い断面で  
 広い範囲を撮影して、体積データを集めます。これは「ヘリカルスキャ  
 ン法」と「マルチスライス装置」という二つの新技術を組み合わせること  
 で可能になりました。

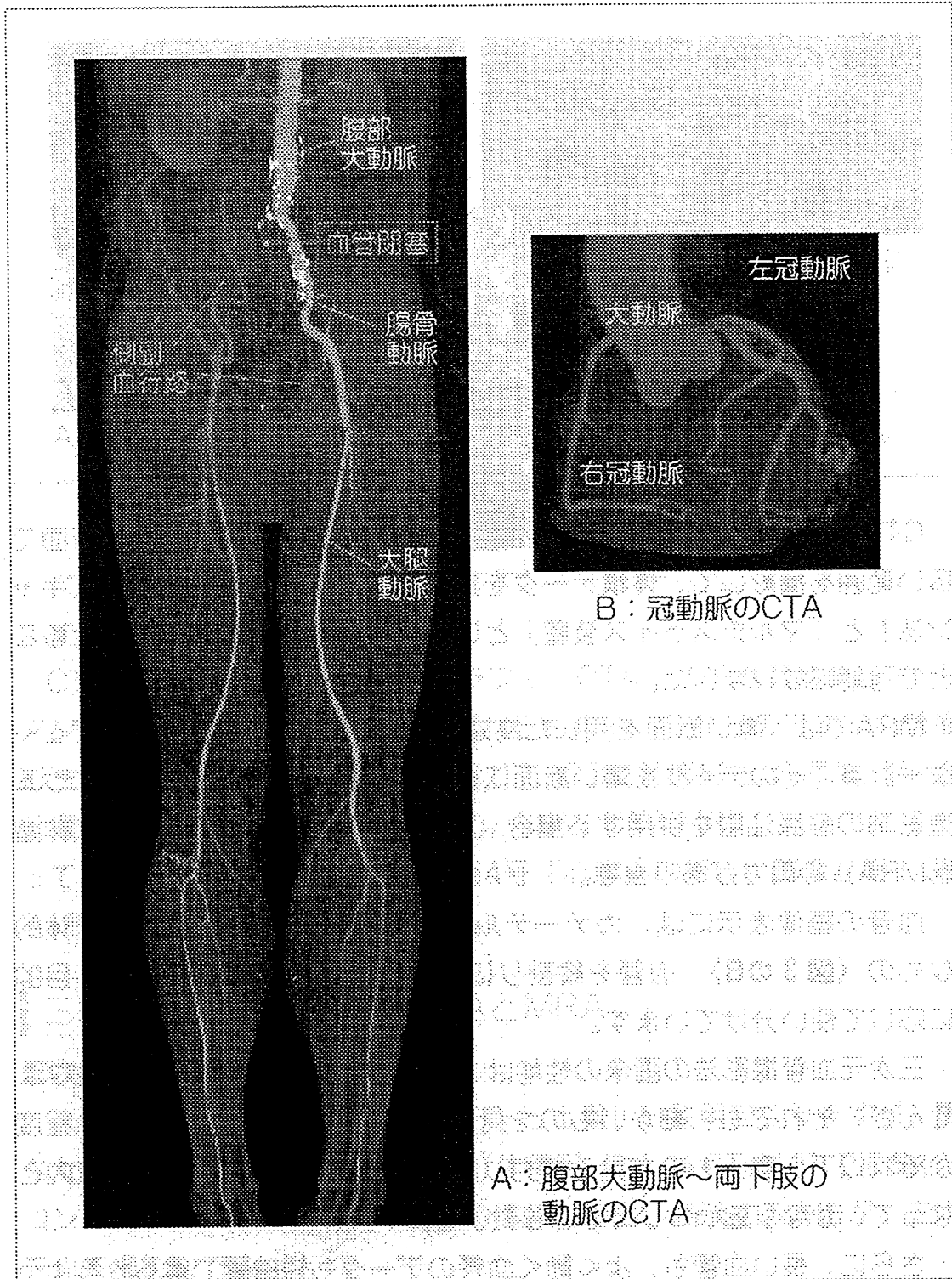
MRAでは、厚い断面を用いた高速三次元撮像を行って、コンピュー  
 ター計算でそのデータを薄い断面に分解します。MRI用のガドリニウム  
 造影剤の静脈注射を併用する場合（造影MRA）と、しない場合（非造  
 影MRA）の両方があります。

血管の画像表示には、カテーテル法に似たもの（図3のC）、立体的  
 なもの（図3のB）、血管を縦割りにした断面の表示などがあり、目的  
 に応じて使い分けています。

三次元血管撮像法の画像の性能は、まだカテーテル法には少し及びま  
 せんが、それでも、細かいものを見る能力（空間分解能）は1mm程度  
 かそれ以下、動くものを見る能力（時間分解能）は0.2秒かそれ以内と  
 なって、かなり追いついてきました。

さらに、長い血管も、よく動く血管のデータも短時間で得られるよう

図5 長い血管もよく動く血管もよく動く。広い範囲や超短時間で  
 のデータ収集から、下肢動脈や冠動脈のCTA・MRAも可能になった



になり、例えば〈図5のA〉のように、下肢動脈の撮影が可能となりました。

心臓の筋肉に栄養を与える冠動脈は、細くてよく動くために最後の難関とされていましたが、これも最近ではCTAやMRAで診断可能な画像が撮れるようになっていきます〈図5のB〉。

### 特徴は負担が少なく優しい検査

カテーテル法と比べて、CTAやMRAの大きな特徴の一つは、低い「侵襲性」——つまり、検査を受ける人にかかる身体的負担が少なく、優しい検査であることです。

CTAでは、ヨード造影剤を使う、X線の被ばくがある、撮影中に息を止めてもらう、などはカテーテル法と同じですが、何よりも造影剤を静脈内に注射するだけで、カテーテルを動脈に入れないところが決定的に違います。

MRAでは、撮像時間や検査が長いという問題はあるものの、ガドリニウム造影剤の静脈注射はすべての場合に必要というわけではありません。例えば頭部血管のMRAのように、造影剤は使わず、撮像時の息止めもいらぬ場合もよく見受けられます。そして被ばくもないところから、MRAはCTAよりさらに“優しい”かもしれません。

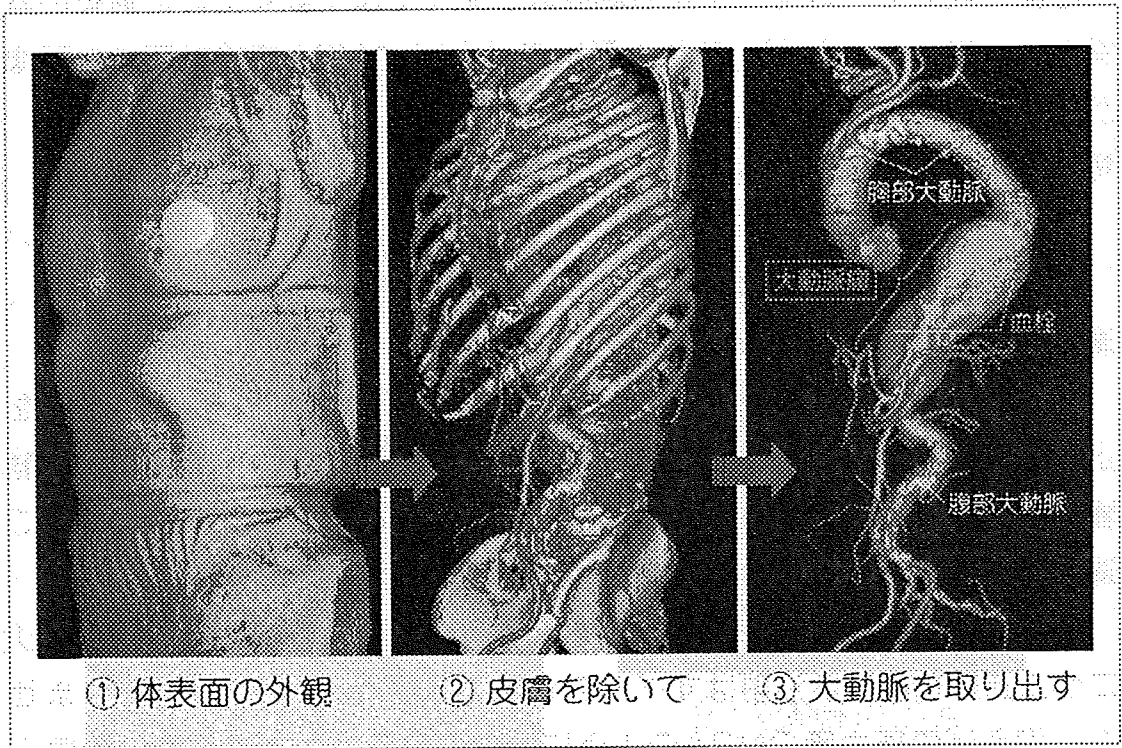
### もう一つの特徴——いろいろな見方ができます

CTAやMRAでは、調べたい血管や周囲の臓器を含む体積データをまず収集し、コンピューターの後処理によって血管の様子を表示します。

ここから、カテーテル法と異なるもう一つの大きな特徴——いろいろな見方ができること——が生まれます。

もう一度〈図4〉をご覧ください。具体的には①対象となる血管をいろんなアングルから眺めることができる、つまり視点を検査後に自由に選べる。②対象の血管が、周囲の臓器や組織とどういう位置関係にあるかなど周囲との関係の評価が容易にできる。③血管壁の様子が分かる、といったところが、カテーテル法にはない優れた点です。これを事例で見ていきましょう。

図6 あたかも解剖をするように、(A)～(C)の順に、まずCT検査の体積データから皮膚や骨を取り除いていくと、病気の血管の位置がよくわかる(立体表示像)



### 体は剥いで血管を見る

〈図6〉は、大動脈の一部がこぶのように拡張した大動脈瘤の患者さんのCT体積データをもとに、まず体の表面から胸壁・腹壁の皮膚と筋肉を除き、次に骨を除いて、最後に大動脈を取り出すという、まさに解剖をするような作業をコンピューター画面で行っているところです。

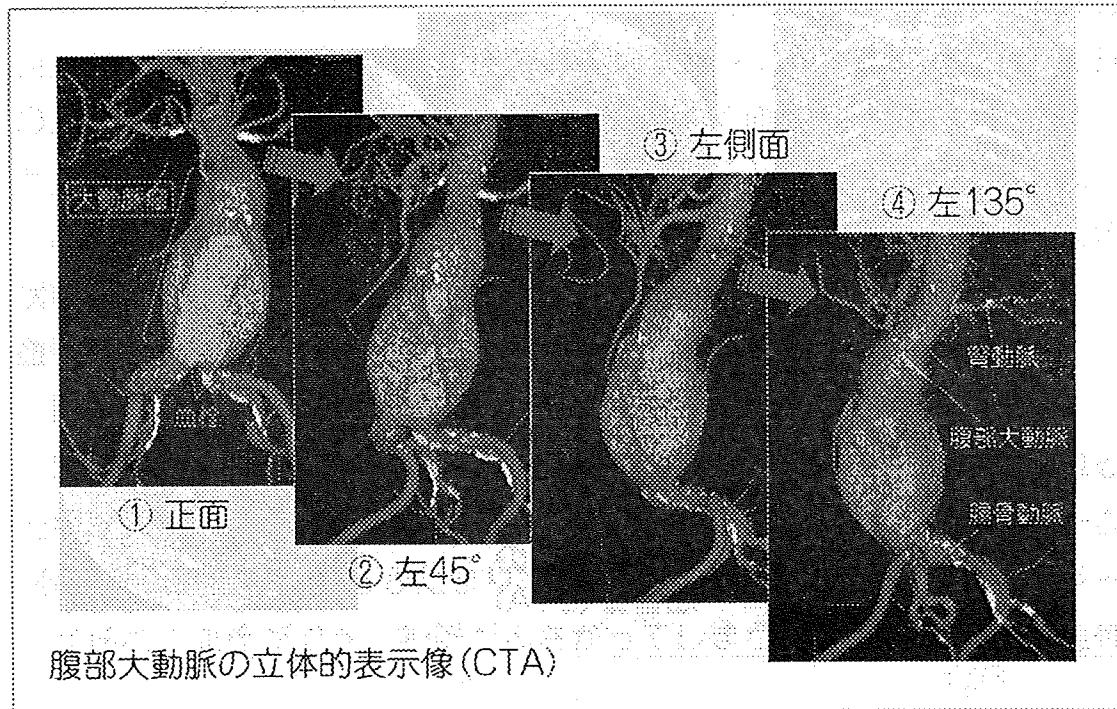
これによって、大動脈瘤の手術の際に、体表のどこを切開して、どの筋骨の間から大動脈瘤にアプローチすればよいかが一目瞭然です。

### いろいろな方向から血管を見る

血管の病気を立体的に把握することも、治療の方針を立てるうえで非常に重要です。立体像として見るには、両眼の視差を利用する方法もありますが、もっと簡単で実用的なものが、立体的な血管画像の回転表示という方法です(図7)。

## 図7 血管像を回転させる

血管の立体表示像を回転させると、病変部と周りの臓器や血管との関係がわかりやすくなる



大動脈瘤の手術やステントグラフト（金属フレーム付きの折りたたみ式の人工血管）をカテーテルで挿入する治療では、瘤と血管の枝分かれた部分との位置関係の診断が特に重要で、それには多くの方向から観察しておくことが大変有効です。

### 血管の中から見ると

胃、腸など消化管を診る内視鏡はいろいろありますが、血管内視鏡は細い血管でしか実用化されていません。

内視鏡の先端に取り付けた風船を膨らませて、上流から流れてくる血液を完全にせき止めて、下流の血液を洗い流し、やっと血管内腔や壁の様子が見えるのです。

これに対して、コンピューター画面内の「仮想内視鏡」では、画像の色は現実のものではなく質感に乏しいものの、かつての有名なSF映画「ミクロの決死圏」のように、血管内を自由自在に動き回って、これを

図8 ミクロの決死圏のように 仮想内視鏡によって血管の中を動き回って病変部を観察する

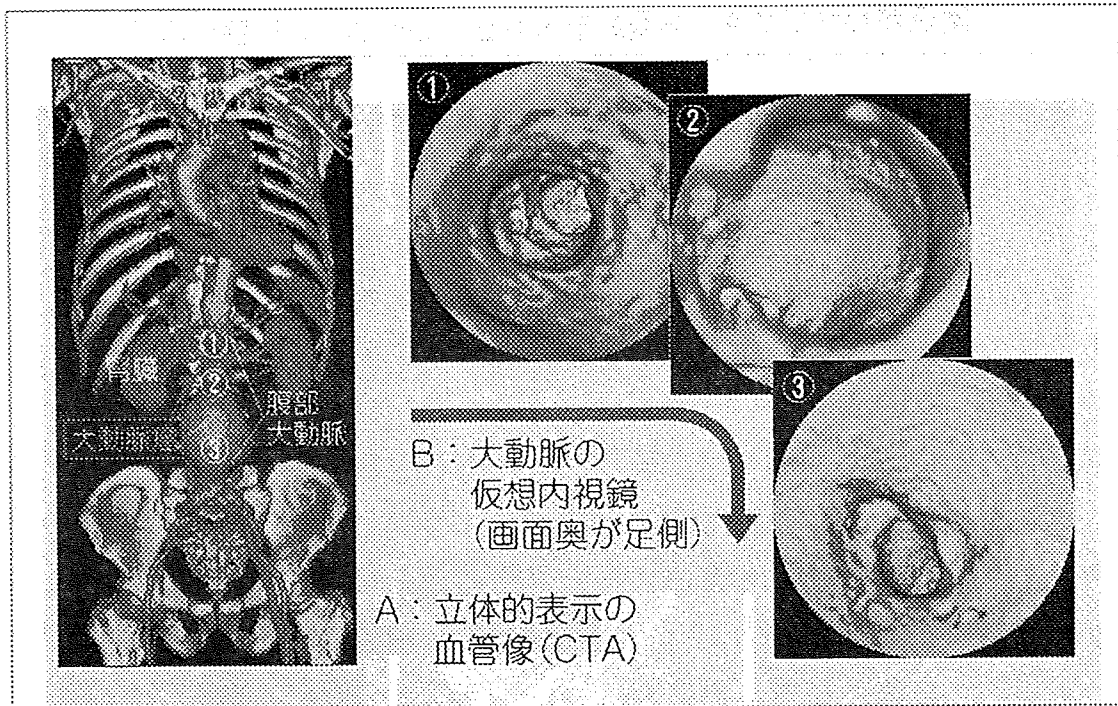
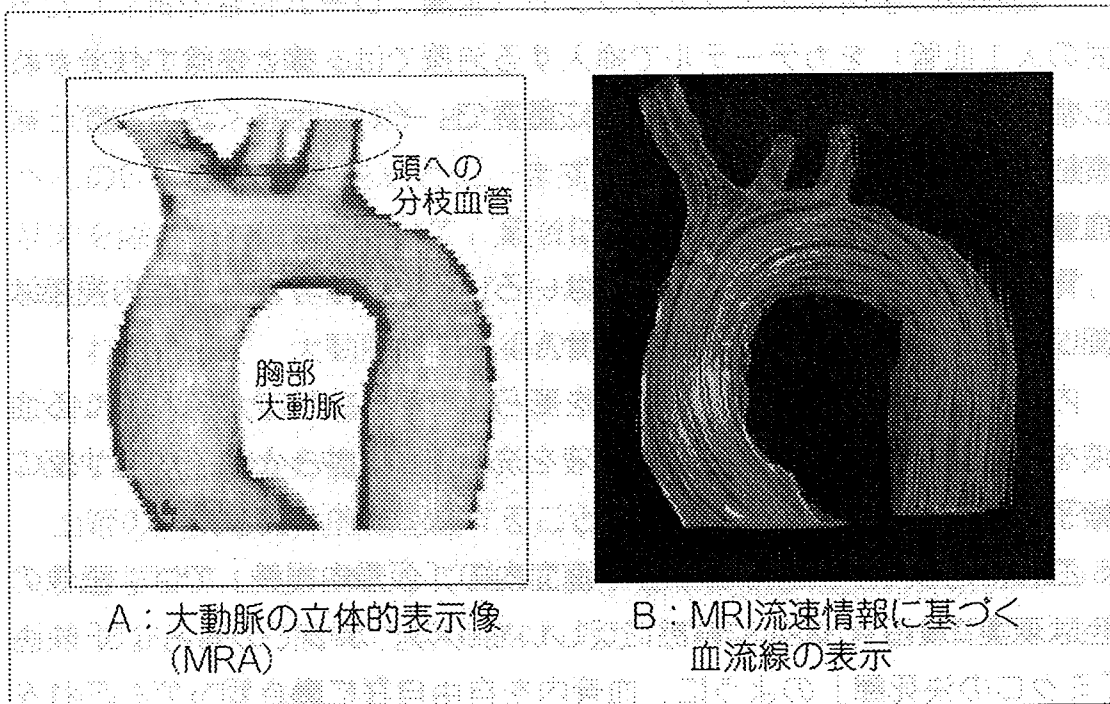


図9 血液の流れがわかる 各種の検査法で得た血流情報を血管の立体像に重ねると、血流状態が“目に見える”ように



“中から見る”ことが可能です〈図8〉。

### 血液の流れを見る

MRIの「位相コントラスト撮像法」と呼ばれる方法や、超音波検査の血流ドップラー法で得られた血流速度の情報を、CTAやMRAでの血管の三次元形状に重ねたり、それに処理を加えて血流線に変換したりすると、血管内の血液の流れを立体的に“見る”ことができます〈図9〉。

最近では、CTAやMRAの血管に模擬血流を流して、その血管の血流状態をシミュレーションするコンピューター実験も行われています。

### 血管の壁を見る

最近、心筋梗塞や脳梗塞の発症の考え方が変わってきています。

新しい考え方は、心臓や脳に栄養を与える動脈の狭窄（血液の流れる内腔が狭くなること）が軽いうちに、血管壁の大きな動脈硬化プラーク（動脈硬化斑と呼ばれるかたまり）、なかでも脂質に富む柔らかいプラークが壊れて血栓ができ、動脈がふさがってしまうという説で、特に急性

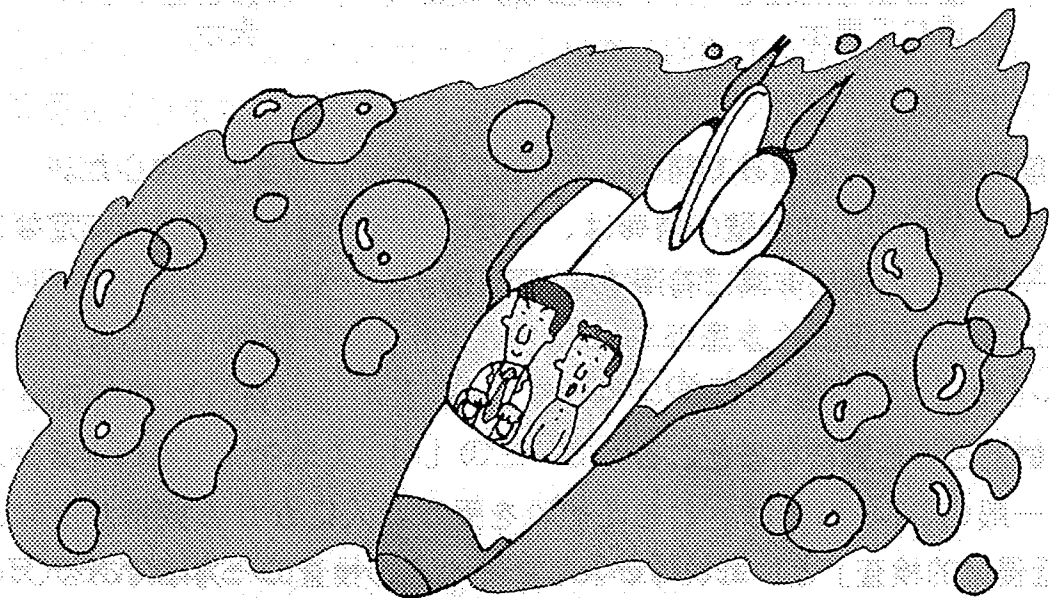
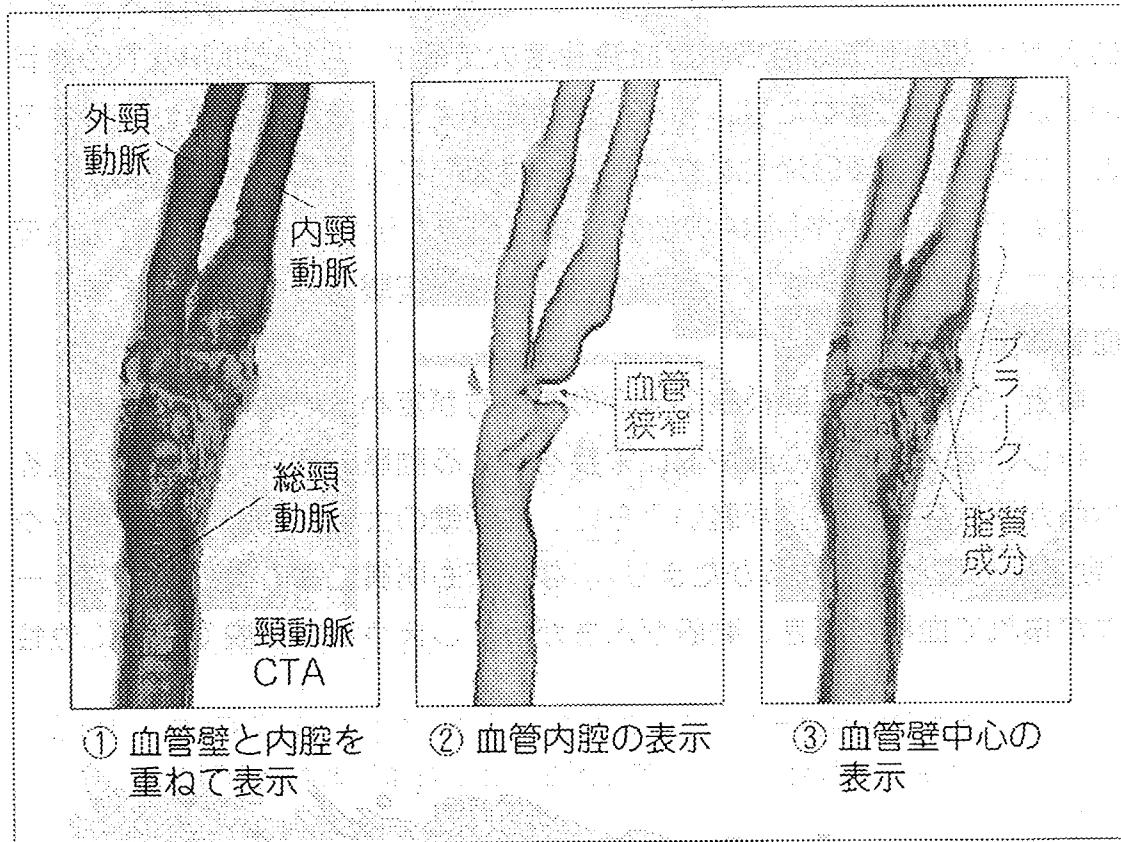


図9 仮想内視鏡で血管を中から見る

図10 血管壁の様子が変わる

血管の壁を内腔と分離して表示すると、動脈硬化プラークなどの状態がわかりやすくなる



心筋梗塞はこの仕組みで発症することが多いとわかってきました。

CTAやMRIの血管壁の情報は、このような“壊れやすい不安定なプラーク”の診断に非常に有用です（図10）。

## CTAとMRAをまとめると

### 良いところと気になるところ

一般にCT、MRIは、ともにそれを受ける人にかかる負担が少ない「低侵襲的検査」といわれています。それらの検査の一方法であるCTAやMRAも同じです。カテーテル血管造影法に比べると安全で、ずっと楽なことは間違いありません。

CTAとMRAに共通した問題点で一番気になるのは、造影剤の副作用



です。これには検査に伴い、間もなく起こる“即時型”の全身反応、時間がかかりたって起こる“遅発型”の全身反応と、腎機能障害の3種類があります。

● すぐに起こる即時型の副作用として、CTのヨード造影剤で約3%、MRIのガドリニウム造影剤で1%程度に、むかつきや嘔吐、じんましんなどが出ることもあり、重症の副作用は数千人に一人、死亡は数十万人に一人とされています。

● 副作用の出現を予知するよい方法はありませんが、いくつかの危険因子が知られています。特にこれまでに造影剤で副作用のあった方や喘息の方は、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。

● また腎機能が悪い方の場合、ヨード造影剤の投与で腎機能がさらに悪化したり、ガドリニウム造影剤では遅発型の重症の副作用である腎性全身性線維症という病気を起こしたりする可能性があるため、造影剤を使わないMRAや、代替りとなる検査を考えるべきです。

● CTAの中でも冠動脈のCTAはX線の被ばくが多いことが知られていて、撮影の仕方によってはカテーテル検査に匹敵するか、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の大きな課題といえるでしょう。

● MRAでは、ペースメーカー装着者に検査できないなど、対象者が制限されることが問題です。またMRIに対する患者さんの訴えとして、「(検査時間が)長い」・「(検査を受ける装置の空間が)狭い」・「(検査中の音が)やかましい」の三つが多く、それぞれに対応策が検討されています。

### カテーテル法はどこへ —— 血管検査法の役割分担

● 「アンジオグラフィ」について、歴史のあるカテーテル法と最近、注目されているCTAとMRAを紹介しました。

● CTAやMRAの画像の性能は、カテーテル法には及ばないのですが、

逆にカテーテル法では不可能ないろいろな画像の見方ができます。さらに「低侵襲的」ですので、診断目的の血管検査はCTA・MRAに移行して、カテーテル血管造影は減少の一途をたどっています。

ここではカテーテル法はなくなってしまったのかというと、決してそうではありません。この方法は診断から治療の方法へと生まれ変わって、さらに発展しています。

カテーテルに付いた風船を膨らませて血管の狭くなった部分を広げる、さらにステント（血管の狭窄部を広げておく金網状の筒）を留置する、カテーテルを通じて脳動脈瘤をコイルで詰めたり、大動脈瘤にステントグラフト（金属フレーム付き人工血管）を入れたりするなどの方法です。

「カテーテル・インターベンション」と呼ばれるこうしたテクニックは、血管病の治療になくてはならないものとなっているのです。

患者さんに侵襲の少ない血管の画像診断法には、他にも超音波検査という非常に優れた方法があります。これにCTA・MRAを加えてうまく役割を分担すれば、体に優しく、しかも高度の血管病の画像診断ができるにちがひありません。

「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と、2階エスカレーター近くのテーブルに置いてあります。ご自由にお持ち帰りください。

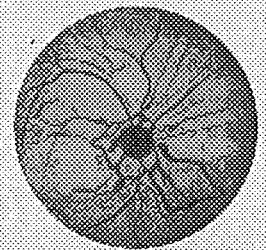
# 高安病発見から1世紀

— 記念公開講座の記録 —



高安右人教授

2009年6月19日  
日本都市センター



会 長：榎野博史（岡山大学 腎・免疫・内分泌代謝内科）  
主 催：高安病発見から1世紀：記念公開講座実行委員会  
後 援：厚生労働省難治性疾患克服研究事業難治性血管炎に関する調査研究班  
金沢大学医学部十全医学会  
事務局：磯部光章（東京医科歯科大学循環器内科）

# 高安病発見から一世紀 記念公開講座の記録

2009年6月19日  
日本都市センター

## プログラム

演者のプロフィール	.....	1
会長挨拶	榎野博史	6
高安病：その本態	司会 尾崎承一（聖マリアンナ医科大学） 清水弘一（群馬大学）	8
診断と治療の現状	司会 重松 宏（東京医科大学）	
循環器内科	磯部光章（東京医科歯科大学）	13
放射線科	内藤博昭（国立循環器病センター）	23
血管外科	宮田哲郎（東京大学）	32
パネルディスカッション	司会 榎野博史、磯部光章 清水弘一、内藤博昭、宮田哲郎 尾崎承一、重松 宏 梅本佳代（あけぼの会）	45
閉会の辞	磯部光章	54
講演会を終えて	磯部光章	55

## 放射線科から

内藤博昭：国立循環器病センター放射線診療部の内藤です。このような記念的な場で話させていただくことをたいへん光榮に思っております。私は診断と治療の現状について、特に画像診断のことをお話しします。よろしくお願



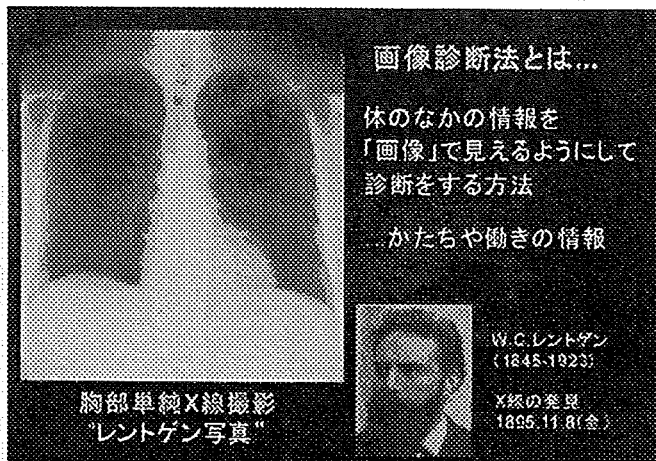
いいたします。

「体の中の様子を知りたい」これは、医者の方の究極の願望の1つです。昔はどうしていたかという、中世では解剖という形で中を見たのですが、そんなことは患者様にはとてもできません。そこで18世紀から19世紀にかけて、臨床医の優秀な人達がいろいろな方法を開

発しました。例えばオーストリアのハウエンブルッガーとフランスのラエンネック。それぞれハウエンブルッガーは打診法の開発者、ラエンネックは聴診器の発明者です。つまり人間の5感を駆使して、体の中の様子を探ろうとしてきたのです。でも、そもそも5感の中で1番情報の多いはずの視覚の利用、つまり目で見て体の中がわからないのかというのが大きな課題だったわけで、それが今はできるようになっています。

つまり画像診断法というのは、体の中の情報を「画像」で目に見えるようにして診断する方法と言えるでしょう。そして体から取り出す情報には、形のほかに働きの情報も含まれています。

(スライド1)

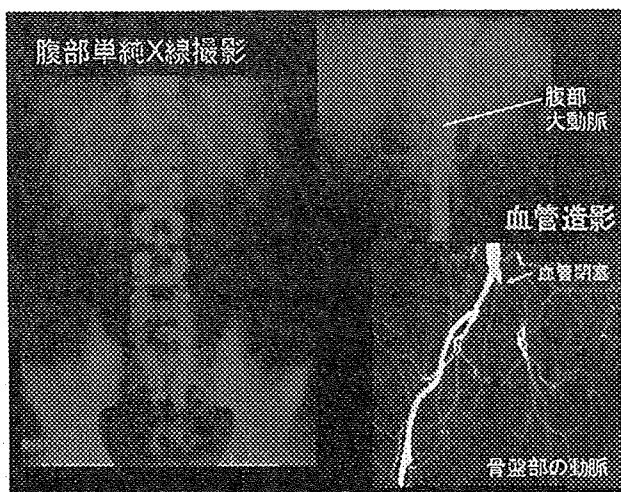


画像診断法のスタートはレントゲン写真です。レントゲンがX線を発見したのが1895年11月8日金曜日で、レントゲンは発見してすぐ、本当に数週間以内にX線の基本的な性質を調べつくしてしまいました。その中に体を通り抜けるという性質もありました。自分の妻ベルタさんの手のX線写真をとって、それが体の中を

見たはじめてのものと言われていいますので、本当にこの時から画像診断が始まったと言って良いでしょう。高安病が見つかったのが1908年で、X線が1895年ですから、画像診断の方がちょっと先輩ということになります。

現在、画像診断法には、レントゲン写真のほかにCTやMRI、内視鏡など、いろいろなものがあります。高安病は血管の病気ですから、血管の状態を診断する方法として、昔から一番信頼されている画像診断法は、俗称・通称でカテやアンギオまたはアンジオと呼ばれる「カテーテル血管造影法」です。これは基本的にはX線撮影なのですけれども、普通の撮影では、骨や空気は白色や黒色に区別できても、血管は灰色の影のなかに埋まって区別できません。

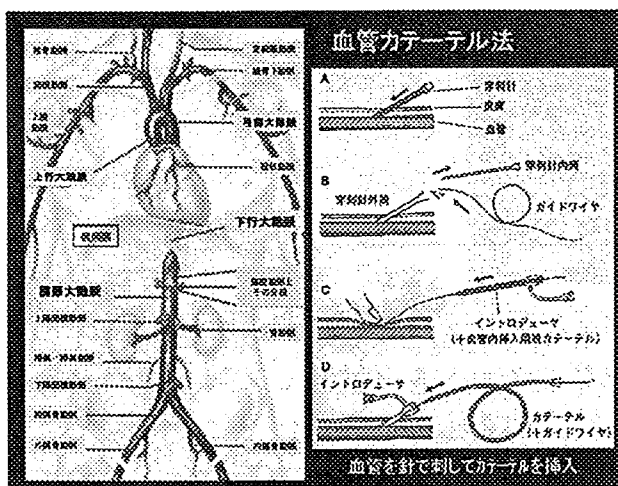
(スライド2)



例えばスライド2の腹部のレントゲン写真。

ここには腹部大動脈から足にいく動脈があるはずですが見えません。それをちゃんと見てやるために、血管の中にカテーテルという細い管を入れて造影剤というお薬を注入し、それが血液にのって流れていくところをX線撮影すると、血管の中の様子がわかるという検査ですね。

(スライド3)



「カテ」では、非常に細かい血管が見えて、重症の病気の様子がよくわかるので、今もって非常に信頼性が高い。昔は、この方法は、血管の病気の画像診断法のまさにゴールドスタンダードでした。しかし、動脈に針をさして、血管の中をカテーテルという管を進めていくという作業があるので、出血の可能性や、

血管を損傷する合併症があり、また検査後のかなり厳格な安静も必要です。

このため患者さんにとって必ずしも楽な検査ではありません。

(スライド4)

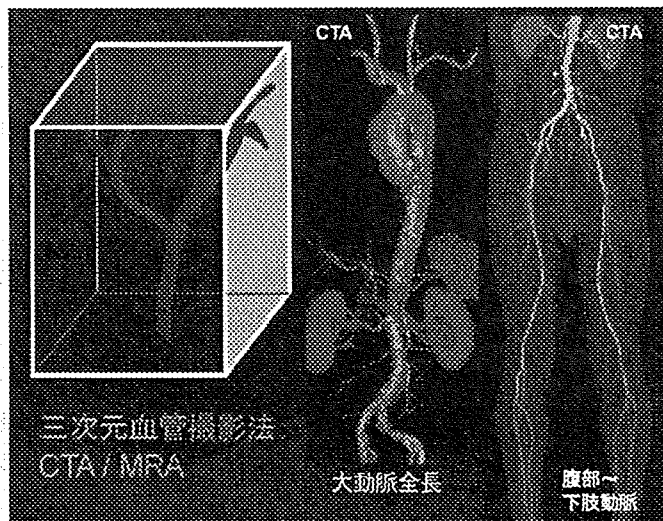


今では、血管を調べる方法は「カテ」だけではありません。スライド4は頭の中の血管の様子をいろいろな画像診断法でみたもので、カテーテル血管造影法と同じような情報が、実は今や、CTやMRIで十分に得られるようになってきました。CTでの方法はCT血管撮影法、CTアンジオグラフィ (CTA)、MRI

での方法はMR血管撮像法、MRアンジオグラフィ (MRA) と呼ばれています。

CTAやMRAは結局どういうものかという、体の中のある血管を含むような3次元体積データを集めておいて、それからその見方をいろいろ変えて、カテ血管造影法と同じような情報を得るという方法です。

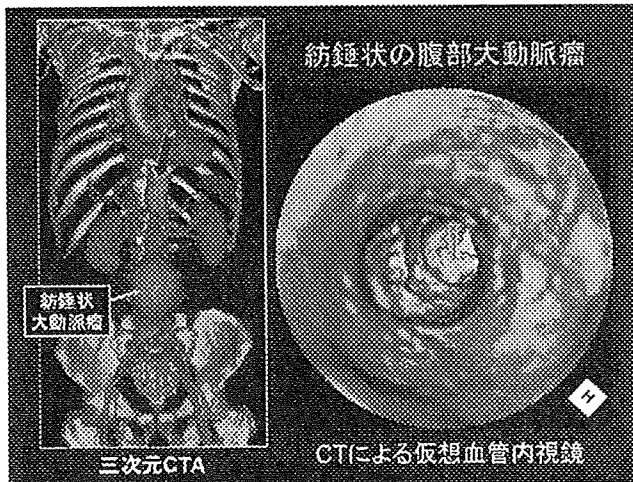
(スライド5)



CTAやMRAとカテーテル血管造影を比較すると、まずカテーテルを血管内に入れる必要がなく、また造影剤も静脈注射で済むか使用しないこともあるので、患者様の負担はずいぶん軽くなりました。細かいものを見るという画像の性能の面で、CTAやMRAはまだ及ばないところがあるのですが、逆にカテ法ではできな

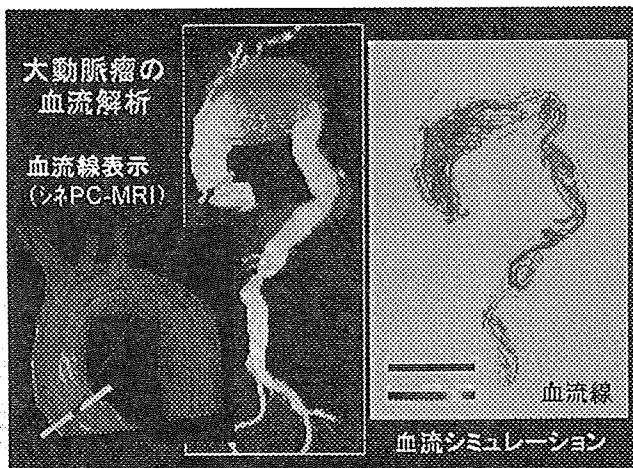
いこともいろいろできるのです。例えば血管を立体的に表示する、後から自由な方向で血管をみる、3次元データをクルクルと回転して病変部の大きさや形を正確に調べる…こんなことは従来の普通の血管造影ではとてもできなかったことです。さらに、血管の中から血管の病気を見るという、ミクロの決死圏のような見方もできるようになっています。

(スライド6)



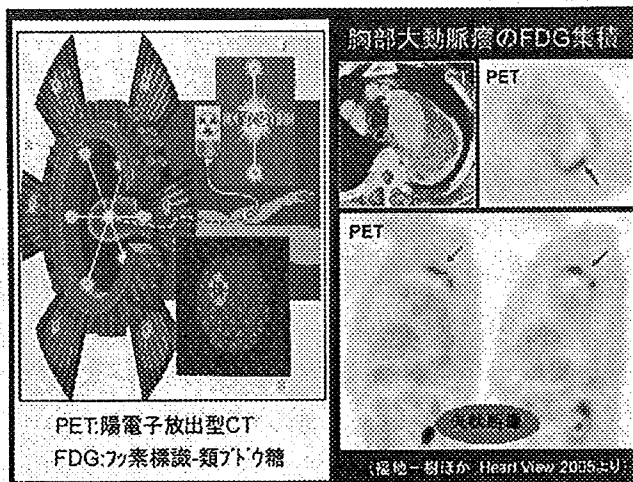
また、CTやMRIでの病気の血管の3次元データを使ってコンピュータ解析すると、大動脈瘤の大きくなっていく様子のシミュレーションや、大動脈の中の血液の流れ具合を推定で見るということもできるのです。

(スライド7)



それから、血管の病気の場合は、血管の壁の状態を調べる必要があります。特に壁の炎症の様子をきっちり見てやることは重要で、その目的で期待できる画像診断法はPETという検査ですね。

(スライド8)



PET (ポジトロンエミッショントモグラフィ) は陽電子放出型CT。CTという名前が付いていますが、X線の検査ではなくて、核医学、つまりラジオアイソトープを使った検査です。検査の時に、フッ素標識のブドウ糖に似た化合物、FDGというものを体の中に入れて撮影をしてやると、この物質が

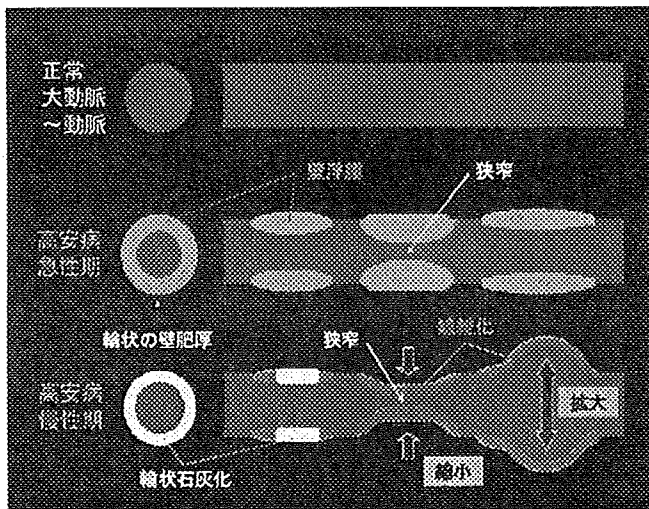


取り込まれた場所が光るので、特定の病気がどこにあるかという診断ができます。そして FDG と PET 撮影の組み合わせによる「がんの検診」が最近の話題です。FDG は癌に取り込まれるので、これで癌を見つけるのが流行になっていると思いますが、実は大血管、大動脈の壁に取り込まれるということもあります。動脈瘤の壁や、強い動脈硬化の場所などに集積することがあって、これは炎症を反映していると考えられています。

なお PET の画像自体は、かなりあいまいな画像なので、ラジオアイソトープの集まりがどこにあるのかがよくわからない。そこで最近、CT の像と PET の像と重ねることによって、この異常集積がどこにあるのかを調べるようなやり方になっています。これはフュージョン画像診断法と言われています。

さて次に、そのような画像診断の手法を使って高安病の診断をする、これがどこまで進んでいるのかをお話します。はじめに、太い動脈における、高安病の病気の形を整理しておきたいと思います。

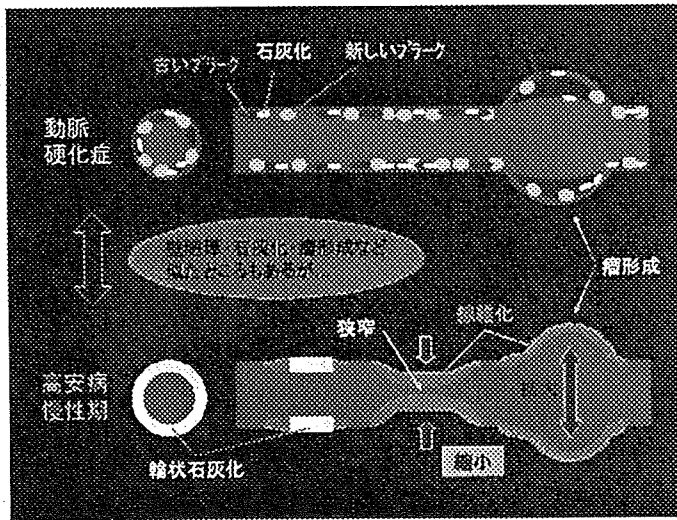
(スライド9)



スライド9をごらん下さい。正常の大動脈が高安病になりますと、急性期、つまり活動性炎症の時期には、壁が浮腫で腫れ上がり、ちょうど輪切りにするとリング状に厚くなる。そういう病変が、大動脈の長軸にそってある程度の長さで存在し、その部分だけを取り出すとマカロニみたいな感じになっているはずだと思います。

一つが長いこともあれば、いくつかのマカロニが連なっている場合もある。もし浮腫が強いと、血液の流れる内腔が狭くなってしまふ。治療によって急性炎症が治っていくと、線維性の壁の肥厚が起きて、ある場所には例えば、しばしばリング状の非常に強い石灰化があり、ある場所は、血管自体が細くなって内腔に強い狭窄を生じる。ある場所は逆に膨れ上がって、瘤をつくってしまう。そういう変化がまた、分節状に連なっていく、というのが高安病での大動脈病変の一般的な「病気の形」だと思います。

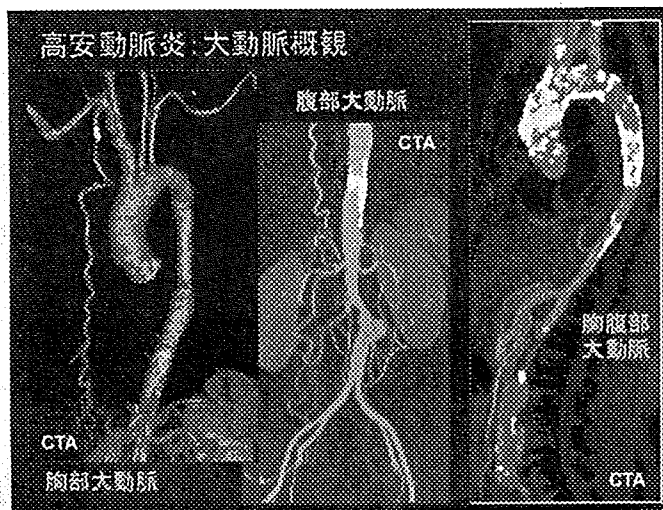
(スライド10)



形のうえで紛らわしいのは動脈硬化症で、頻度はこちらの方が圧倒的に多いのです。動脈硬化症は、血管壁のある部分に脂質が蓄積し、アテローム、あるいはプラークというものをつくって血管の内腔が細くなったり、逆に血管が拡張したりする病気です。このため壁の肥厚や石灰化、動脈の狭窄や瘤を作る

という似たところもあるのですが、動脈硬化症は、プラークがあっちこちにどんだんくっ付いていくという、どちらかといえばランダムな分布で、高安病のような分節状の病変分布の印象は乏しいようです。もちろん高安病に動脈硬化症が合併しやすいというお話しはあるのですが、基本的には出来上がりの形がやや違うかなというふうに思っています。

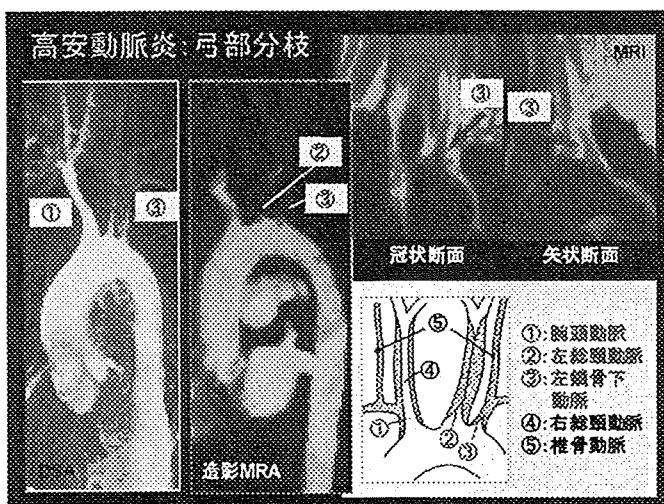
(スライド11)



実際の画像を見ていただけます。まず大動脈の概観がどんなふうになっているか。スライド11の例では、先ほどの話しのように、細いチューブ状の領域、強い石灰化領域、様々な程度の狭窄領域や拡張というような変化が、大動脈の長軸方向にある程度の長さを持って連なっていくような感じです。

次は大動脈弓部から分岐して頭や上肢に向かう動脈—弓部分枝の画像診断です。高安病での頭に行く血管の詰まりは基本的な大問題で、昔はこれをちゃんと診るのが結構大変だったのですが、それが今やMRAやCTAで簡単に診断することができる。それからカテーテル血管造影法ですと、血管の内腔の様子し

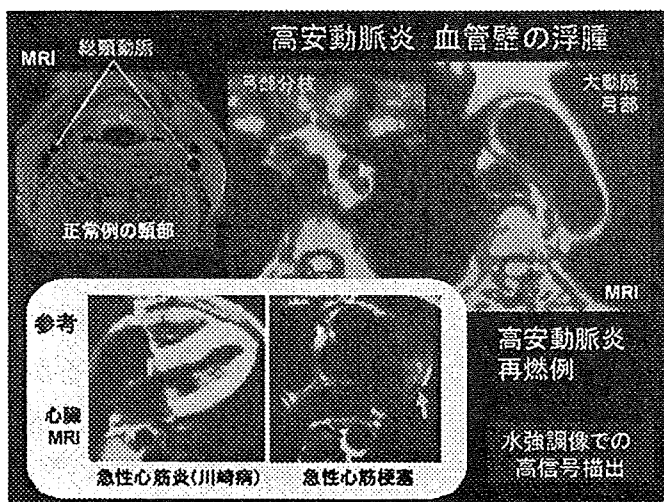
(スライド12)



かわからないのですが、MRIやCTの撮影をすると、この狭くなったところは、実は壁が厚くなって、そのために内腔が狭くなって詰まる状況になっていることも合わせて判断できるのです。

高安病では、動脈壁の性状を調べることも必要です。

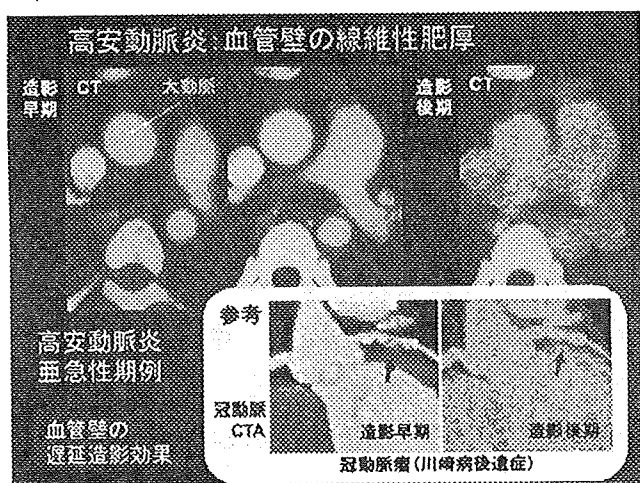
(スライド13)



スライド13をご覧ください。MRIでは、血液の流れしているところの信号を落とすような撮像ができるので、基本的には血管壁の様子は非常にわかりやすい。弓部分枝のリング状の壁肥厚や、大動脈壁の全周性の肥厚など、壁の厚みの評価は十分できるのです。またMRIの撮像法を工夫して、水を強調する撮像をしてやると、動脈壁が白く描出される場合があります。同じような撮像法で白く光る病気には、例えば急性心筋炎の心筋、あるいは急性心筋梗塞のときの梗塞心筋などがあります。つまり浮腫になっているところが白く光ると思われるので、この撮像で高安病の炎症の強いところがピックアップできる可能性があります。なおスライド13の例では、弓部分枝の輪切り部分に比べて大動脈弓部の壁の方が白く、このことは、大動脈壁の方の炎症が強いことを表しているのだと思います。

それから、CTやMRIで造影剤を使用すると、高安病患者の動脈壁が造影されるという報告があります。

(スライド14)

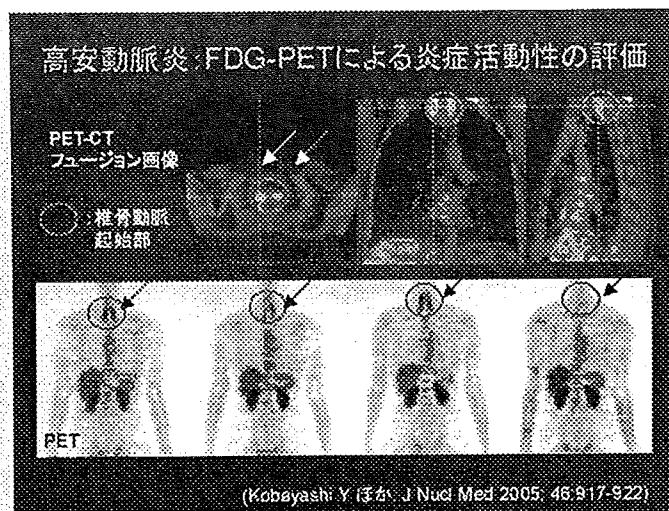


例えばスライド 14 では、CT で造影剤を静脈注射してすぐに撮影をすると、上行大動脈、下行大動脈の壁が厚くなっていることがわかります。そして数分後にもう1回撮影した「造影後期」の画像では、大動脈の内腔と壁が分離できなくて、大動脈は全体に太くなったように見えないでしょうか。これは

実は、血管内腔と壁が同じくらいに染まってしまったことを示す所見だと思います。同じような所見は、川崎病の冠動脈瘤でも見られて、造影の後期になると、動脈瘤のところ全体に染まって太く見える。これが壁の線維化によると考えられているので、高安病でも動脈壁の線維化が造影 CT や MRI で判断できる可能性があります。

最後に FDG-PET による高安病での動脈壁の炎症の評価についてお話します。スライド 15 は文献からの引用で、首のつけ根のところに FDG の取り込みがあって、CT と重ねると椎骨動脈の起始部であるということがわかります。こういう取り込みが治療に応じて、いったん軽減、また強くなり、また消えるというように変化し、PET で治療効果と合わせて炎症の強弱の判断ができるということが報告されています。

(スライド15)



結局、昔、カテーテル血管造影法に頼っていた血管病の画像診断は、今やCT、MRI、あるいはPET というような、比較的楽な検査で十分に置き換わるとともに、さらに情報も増えているという現状です。特にCTやMRIは体に優しい検査なのですが、MRIだとペースメーカーが入っ