

放射線科学

近未来画像診断（1）

石垣 武男

はじめに

1895年にレントゲン博士がX線（発見者の名前にちなんでレントゲン線とも称される）を発見してから今年で100年になります。世界各国でレントゲン発見100年の記念行事が行われます。日本医学放射線学会でも色々な行事を企画しており、すでに4月に名古屋で行われた医学会総会、日本医学放射線学会総会においても記念の講演や展示がおこなわれました。さて、この100年の間にX線診断およびラジオアイソトープによる診断の進歩は目覚ましくX線の医学応用の貢献度は計り知れないものがあります。ところで、20世紀も後半に入ったころから電子工学の発達、コンピュータ技術の発達などもあり、医用工学技術の進歩・普及が促進され超音波断層撮影、X線CT、サーモグラフィ、ポジトロンCT（PET）、磁気共鳴画像（MRI）などが実用化され普及してきました。画像診断という言葉もこれら放射線、超音波、赤外線、磁場、といった物理的エネルギーを用いて得られる映像を包括するものとして定着してきたわけです。従来のX線診断は人体内部の構造物（臓器・器官）が病気によってどのように変化しているかということをとらえることを主眼に置いた形態診断でありました。ところが色々な画像診断手段が新しく出てくるとこの形態診断を主体とした従来のX線診断では得られない生体内の情報、たとえば生化学的变化、代謝の情報、生理学的情報などが分かるようになってきています。また、形態診断にしてもこれまでは考えられなかった方法が研究・開発されつつあります。ここではこれから実際の医療に応用されるであろう近未来の画像診断法について述べることにします。

放射光画像

従来のX線撮影でX線の発生はX線管球を用いて行われ、高速熱電子をタングステンの陽極に衝突させて得られます。この方法は、はなはだ効率が悪く供給される電子の0.6%しかX線に変換できません。残りの99%以上が熱に変わってしまうのです。しかも種々の波長を含み白色X線と呼ばれ、身体各部位の

撮影においてはなほだ効率の悪いものであります。一方、大型加速器により電子を光の速度近くまで加速するときわめて指向性の強い放射光なるX線が得られます。指向性が高いため単位面積当たりのX線強度も高く、従来のX線管球で得られるものより十万倍以上の強度のX線が得られるのです。しかし放射光も白色光であり、しかもそのエネルギー範囲は非常に広範であります。この問題を解決するには特定の波長を選択してやると単色光X線を得ることが出来ます。

この単色X線を用いると精度の高いエネルギーサブトラクション法が行えます。サブトラクション法とは引算（差分）画像と称されるものです。サブトラクション法は血管の中に造影剤を入れて撮影する血管造影法で威力を発揮します。造影剤を入れて細い血管を見るわけですが、この際骨が重なると細かい部分が分かりにくくなります。そこで造影剤を入れない前の写真を白黒反転して現像します。すなわち造影剤を入れない写真では白黒反転しているので骨は黒く写り、造影剤を入れた写真ではそのままなので骨は白く写りますし造影剤の入った血管も白く写ります。そこで2枚の写真、造影剤を入れない時の写真と入れた時の写真を重ねて見ると骨は一方は黒く、一方は白いので相殺して見えなくなり白い造影剤だけ浮び上がって見えてきます。これがサブトラクション法です。今ではこれはコンピュータで計算して画像を出すことができ、DSA (Digital Subtraction Angiography) と呼ばれ大体の病院ではこの装置は備わっています。ところでサブトラクション法には2種類あります。今述べた方法は造影剤を入れる前の写真と入れた後の写真を引き算しているということは時間差を利用しているのであり、時間差サブトラクション法とよばれます。これですと撮影中に患者さんが少しでも動いたり、心臓のように動く臓器では引き算してもずれてしまいます。もう一つの方法はエネルギーサブトラクションと呼ばれるものです。これは2枚のフィルムを重ねて撮影します。そして、1枚目と2枚目のフィルムに吸収されたX線のスペクトルの違いを利用して引き算する方法です。これはコンピュータで計算しなければ得られません。この方法では肺のX線写真では骨だけの写真や骨を除いた肺の写真などが得られます。しかし造影剤を入れてしまうと骨と造影剤は一緒に写ってしまいます。ところが放射光による特殊なエネルギーサブトラクションでは骨や筋肉などは消去され造影剤のみの画像を得ることが出来ます。しかも静脈内投与でも鮮明な動脈像が得られ、質のよい画像となります。この方法は特に心臓の冠状動脈造影において威力を発揮します。というのも、心筋梗塞の検査で心臓の動脈である冠状動脈の詰まり具合を見たり、症状がなくても予防的に検査する場合現在は動脈

からカテーテルを血管内に入れて長時間の動脈造影をしなければなりません。大変苦痛を伴うし、危険なこともあります。しかし現状のDSAでは心臓が動いているので冠動脈には使えません。放射光を用いたエネルギーサブトラクションならはるかに精度の高い画像がとれるわけです。まだ研究段階ですが有望な方法です。

この他放射光を用いたCT開発の研究も行われています。放射光X線を用いたCTでは非常に細かい部分まで分かるので顕微鏡的な画像が期待されます。また放射光を用いれば普通のX線写真でも非常に細かいところまで見える拡大撮影が可能です。ところで放射光を得るためには現状ではシンクロトロンという巨大な加速器装置が必要です。これは全周が1500mもあるもので日本では筑波学園都市の放射光実験施設にあり、また西播磨にもうひとつ建設中です。このような巨大加速装置シンクロトロンはもともと素粒子実験など工学的研究目的で建設されたものを、ほんの一部医学に応用するものです。したがって実際にはどこでも行えるものではありません。しかしながら医療用の小型放射光リングの開発計画もあることから、近い将来実現化する可能性は十分あると考えられます。

参考文献

1. 秋貞雅祥。放射光を用いたエネルギー差分法。映像情報 21:692-694,1989
2. 武田徹、板井悠二、吉岡大、秋貞雅祥。放射光(synchrotron radiation)による冠動脈造影法。日本臨床 49:1198-1209,1991
3. 武田徹、板井悠二、兵藤一行、銭谷勉、赤塚孝雄。放射光CTの開発動向。Med. Imag. Tech. 11:621-627, 1993
4. 杉山卓、富增多喜夫。医学用小型放射光リング。放射線医学物理 13:250-264,1993

(名古屋大学医学部教授・放射線医学教室)