

CTの管電圧特性 ——線質が画質や被ばくへ及ぼす影響について

辻岡 勝美 藤田保健衛生大学医療科学部

X線CT検査では、良好な画像を得るためにスキャン条件を対象部位、スキャン目的ごとに最適に設定する必要がある。そのCT画像を最適化するパラメータとして、管電圧、管電流、スキャン時間、設定スライス厚、ヘリカルピッチなどがある。本稿では、これらのスキャンパラメータの中でも、CT画像のコントラストに大きく影響を与える管電圧について解説する。

また本稿では、CTの画質や被ばくについて解説するにあたり、X線CTにおける各種の効果を挙げ、それぞれについて、何がどのような効果に関与し、その結果、CT画像がどう変化するか整理して考えてみる。このような、“各種の効果”“関係因子”“画質への影響”を整理することで、CTにおける画像効果を深く理解できる。さらに、その中における管電圧の関係も理解できるものとする。

X線の発生

X線CTは、その名のとおりX線を利用した画像診断装置である。X線管から発生されるX線の強度は、下記の式(1)に表される。

$$\eta = K \cdot V^2 \cdot I \cdot Z \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 K は定数、 V は管電圧、 I は管電流、 Z はターゲットの原子番号である。ターゲットには、原子番号が大きく、融点が高い必要があるため、タングステン(原子番号74)が使用されている。

式(1)から、X線強度は管電圧の二乗で大きくなるのがわかる。通常、造影剤を対象としたX線検査では、造影剤であるヨードのK吸収端に合わせてX線エネルギーが求められ、管電圧も70～80kVとなっている。しかし、CT開発当初はX線強度を十分に得ることができなかったため、120kV程度が標準的な管電圧となっていた。最近の報告には、造影CT検査のコントラスト向上のために、80kV程度の低管電圧でスキャンを行うというものが見られるが、これは大熱容量、高冷却効率のX線管が開発されたことによるものである。

X線における各種効果

ここで、CTとは離れて、X線の各種効果について考えてみよう。最新のCT装置であっても、X線はX線管から発生しているのであるから、X線における各種効果は無視することができない。また、最新のCT装置であっても、基本的

なX線CTの効果を理解していなければ、最善のCT画像は得られない。その画質改善のカギは、X線の基礎にあると言ってもよい。表1に、X線における各種効果を示す。

ビームハードニング (線質硬化現象)

X線管から発生されるX線は、連続スペクトルを持つ。簡単に言えば、単一のエネルギーではなく、エネルギー幅を持っている。X線のエネルギーは、管電圧、X線フィルタによって変化するが、照射されたX線も、被写体を透過することで連続的に変化する。X線撮影の場合、透過した結果でフィルムコントラストが変化するが、CTではその透過を断面として表示するため、カップリング等のフェーディングアーチファクトとしてCT画像に表れることになる。

筆者の担当する放射線画像診断機器工学では、ビームハードニングを簡単に説明するために、図1のような方法を用いている。高いエネルギーのX線は、被写体で吸収される比率が少なく透過する。それに比べて、低いエネルギーのX線は被写体で多く吸収される。被写体の幅あるいは吸収が異なった場合、低いエネ

表1 X線における各種効果

- | |
|----------------|
| ① ビームハードニング効果 |
| ② 散乱線(グレーデル効果) |
| ③ ヒール効果 |
| ④ ブルーミング効果 |
| ⑤ 焦点が傾いている効果 |