

造影効果について 造影効果と画質との関係について考えてみよう

座長 岩手医科大学附属病院 中央放射線部
村中 健太 (Muranaka Kenta)

【座長集約】

今回のテーマは造影効果を取りあげました。造影時の画質を評価する際、ただ単純に造影剤の血管内濃度だけで画質の良し悪しを判断できない場面に遭遇することがあります。また極端に大きな被写体で十分なSDが確保できなく、しかもCT値も十分に確保出来ない場面では、poorな画質になってしまうことが予想されます。その際の改善策を講じる上での基礎的な検討と、今年のテーマの“管電圧による影響”を一部取り入れて造影剤を使用した検査での低管電圧撮影による造影効果について考えていただきました。

岩手医科大学附属花巻温泉病院の千葉和勝さんには、被写体条件(体厚等)が造影効果と画質へ及ぼす影響について、ファントムを使用した実験を行い、CT値、ノイズ、コントラストなど基礎的なデータを基に視覚的評価を組み合わせて被写体のサイズと造影効果が画質にどのように影響しているかを検討していただきました。そして実際の臨床場面でどのように活用していけるのか限界も含めて方向性を示しました。その中で、造影時のpoor画像に対してノイズの多い画像の場合、被写体が小さければ同線量ではCT値を高めることで画質が改善できますが、大きな被写体ではCT値を高めるだけでは画質改善が難しく、同時に線量を上げることが必要であるとなりました。

一関国民健康保険藤沢病院の菊地鉄也さんには、低管電圧撮影での造影剤量減量の可能性について肝臓領域で検討していただきました。実効エネルギー測定では、昨年発表された山形大学佐藤さんの結果と合わせて各メーカーの実効エネルギー比較を行い、自施設装置の実効エネルギーが最も高いことを踏まえての報告でした。管電圧120kVと80kVでのノイズ評価では同等のノイズレベルを担保するために4倍のmAs値が必要とされCTDIvolも増加するとしながらも、ノイズレベルが基準以下でも体重の上限を設定することでノイズ増加の影響より造影コントラストのメリットが上回るために臨床画像評価上、造影剤減量が可能であることを示されました。

最近ノイズ低減が期待される逐次近似法がメーカー各社で活用されはじめ、被曝線量低減や低管電圧撮影などの臨床応用にも期待が寄せられております。今回も昨年同様に逐次近似法を用いないシステムでの基礎的な検討と臨床応用の可能性についてお二人の方に話題を提供して頂きました。逐次近似法を取り入れた場合には今回の検討の効果がさらに広がる可能性も予想されますので、さらなる検討をお願いしたいと考えます。

発表にあたり、基礎データを取得し、検討頂いた2人の演者の方に感謝申し上げます。また、テクニカルミーティングに参加頂いた皆様、実行委員の皆様へ紙面をお借りしてお礼申し上げます。

造影効果と被写体厚の検討 - 良好な造影効果を目指して -

岩手医科大学附属花巻温泉病院 中央放射線部

○千葉 和勝 (Chiba Takayoshi)	村中 健太 (Muranaka Kenta)	千葉 工弥 (Chiba Takuya)
菊池 康彦 (Kikuchi Yasuhiko)	松田 貴匡 (Matsuda Takamasa)	小野 政敏 (Ono Masatoshi)

【はじめに】

造影検査を施行したとき、同一の撮影条件・造影条件で造影しても良好に造影されない場合がある。そこで今回被写体厚とCT値の関係に着目し、SD・CNRを測定するとともに画像にどのような影響があるのか検討した。

【使用機器】

X線CT装置 : Activion16(東芝社製)
自作ファントム : 特大(直径280mm)、大(直径200mm)、中(直径140mm)、小(直径100mm)
模擬血管(ストロー) : 直径10mm、6mm、5mm、4mm、3mm
解析ソフト : ImageJ

【方法】

1. 臨床造影画像における被写体厚・CT値・SDの統計

臨床造影画像100例を対象に被写体厚・CT値・SDの計測を行った。通常造影は65例、ダイナミック造影(動脈相)は35例にて検証した。用いたのは肝臓が見え始めるスライスで、被写体厚は心窩部から背部の末端までを測定し、CT値・SDは上行大動脈に10.9×10.9のROIをとり計測した。

2. ファントム撮影における被写体厚・CT値・SD・CNRの測定

直径が280、200、140、100mmのファントムに直径10、6、5、4、3mmの模擬血管を設置し、CT値が100、200、300、400HUの液体を入れて撮影し、CT値・SD・CNRを計測した(Fig.1)。また技師3名にて視覚評価を行った。

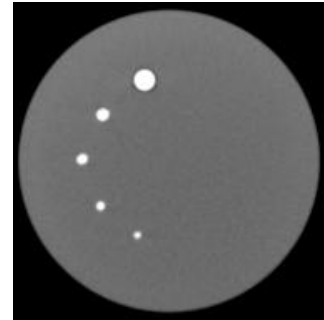


Fig.1 作製したファントム

【結果】

1. 臨床造影画像における被写体厚・CT値・SDの統計

被写体厚とSDの関係では体厚が厚くなるほどSDは良くなる傾向がみられた。SDは10~15付近に集中し平均値は12.7となった。被写体厚と通常造影時のCT値の関係では、体厚が厚くなるほどCT値は低下する傾向がみられ、ダイナミック造影時と比べると大きなバラツキがみられた。最大CT値339.9、最低CT値153.1、平均CT値204.2という結果になった。被写体厚とダイナミック造影時のCT値の関係では、通常造影と同様に体厚が厚くなるほどCT値は低下する傾向が見られたが、通常造影時と比べるとCT値のバラツキは小さい結果となった。最大CT値438.7、最低CT値187.6、平均CT値325.5という結果になった。

2. 1) CT値100~400HUにおける被写体厚とCNRの関係

CT値100~400HUすべてにおいて管電流が大きいほどCNRは高値を示した。ファントムの大きさ別にみると小→中→大→特大の順にCNRは高くなった。線量が低く被写体が厚くなればCT値によらずCNRは低下した。またCT値200HU以上では被写体サイズによってCNRに大きな差が出た(Fig.,2,3,4,5)。

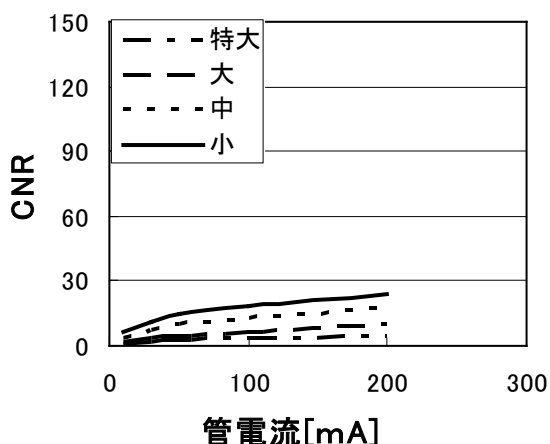


Fig.2 100HU における被写体厚と CNR の関係

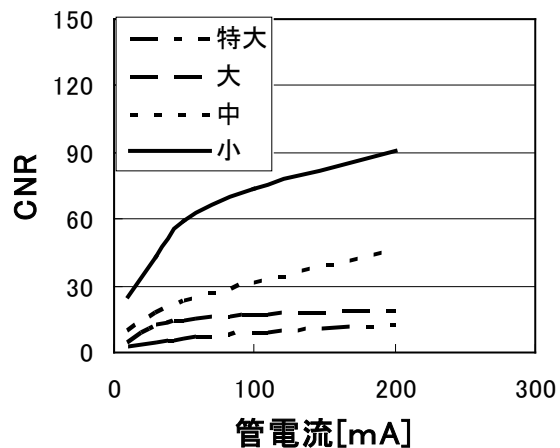


Fig.3 200HU における被写体厚と CNR の関係

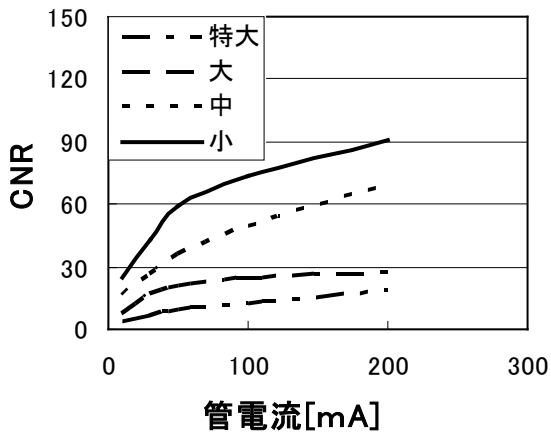


Fig.4 300HUにおける被写体厚とCNRの関係

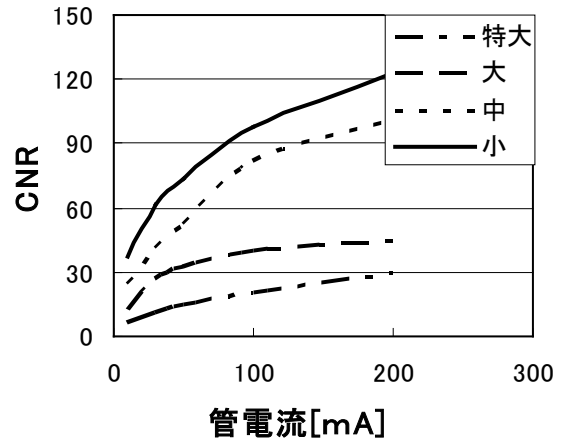


Fig.5 400HUにおける被写体厚とCNRの関係

2) CT値100~400HUにおける被写体厚とSDの関係

CT値100~400HUすべてにおいて管電流が低く被写体厚が厚いところではSDは悪い傾向を示した。模擬血管内のCT値を100~400HUと変化させてもすべてにおいて大きな差はなく、CT値に影響は受けなかった。

3) 被写体厚とCT値の関係

CT値には被写体厚依存性があることがわかった。被写体厚が大きくなるにつれCT値は低下する傾向が見られた。CT値100~400HU別にみると100HUでは下がり幅が少なく、200・300HUと上がるにつれ400HUで最も大きな下がり幅となった。

4) 被写体厚におけるCT値とCNRの関係

被写体厚が大きくなるにつれCT値が高くなってもCNRは低下する傾向がみられた。すべてにおいて線量が多いほどCNRは大きくなったが、被写体厚が大きいほどCT値によるCNRの差は少なく、被写体厚が小さいほどCNRの差は大きくなった (Fig.6,7,8,9)。

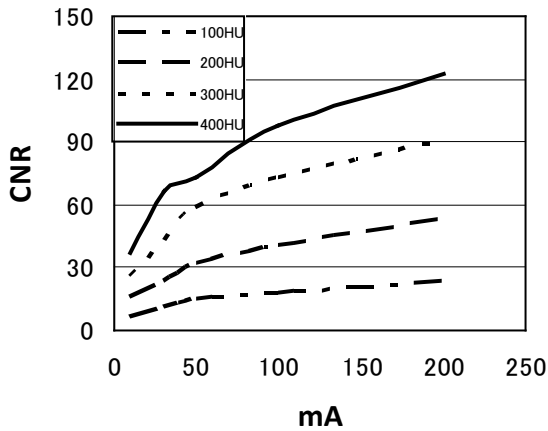


Fig.6 小におけるCT値とCNRの関係

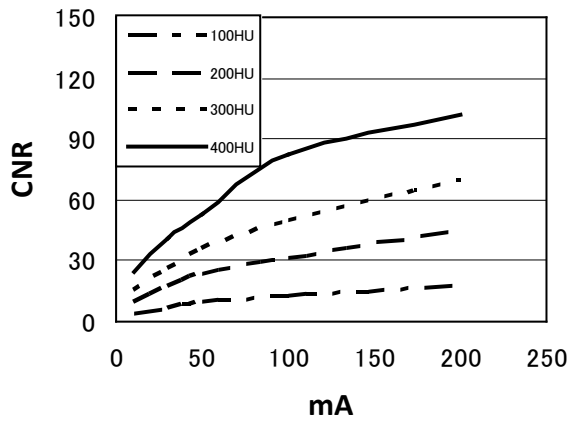


Fig.7 中におけるCT値とCNRの関係

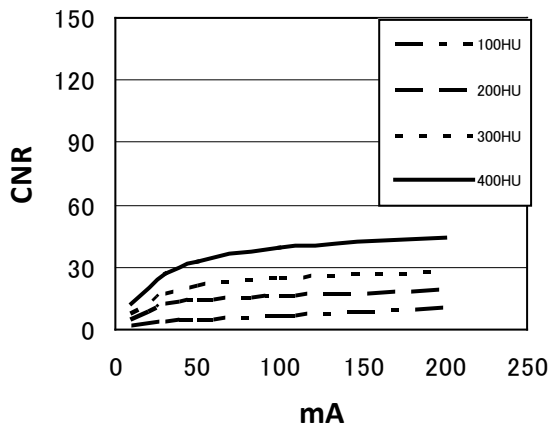


Fig.8 大におけるCT値とCNRの関係

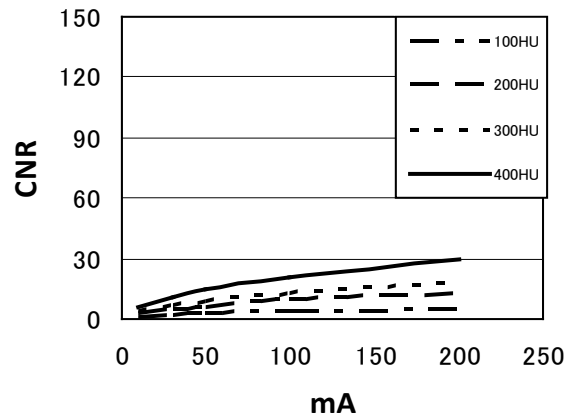


Fig.9 特大におけるCT値とCNRの関係

5) 視覚評価

被写体厚が厚くなるにつれCT値を高くしても良い画像を得るのは困難であった。線量を上げることによりSDを下げCNRを高めても、ある程度画質改善にはなるが限界があることがわかった。

【考察】

今回は造影効果に寄与すると思われる被写体厚・CT値・SD・CNRについて検討した。被写体厚が厚くなるにつれCT値・CNRは低下、SDは悪くなり画質低下につながった。コントラストにはCNRが関係しているが被写体厚が厚い場合、CT値が高くなってもCNRはあまり改善されずコントラストがつきにくくなった。しかし血管内のCT値が200HU以上になると被写体厚によってコントラストに差が出た。そこで線量を上げることである程度改善はされるが被ばく線量が増えるという問題がある。画質に影響するSDも被写体厚が厚くなれば悪くなった。線量を上げることによって良くすることはできるがCT値の調整ではあまり影響を受けないため改善は難しい。またCT値・SD・CNRの調整だけでは画質改善に限界があることがわかった。

【結論】

被写体厚によりSDが悪くなる場合はCT値の調整ではほとんど改善できないため線量を上げてSDを良くすることで画質を補った造影効果にすることができる。また被写体厚によりCNRが低下する場合には注入レートを上げてCT値を上昇させることでCNRの影響を補った造影効果にすることができる。しかしこれらの方法では画質改善に限界があるため、撮影条件(管電圧・スライス厚・再構成フィルタなど)も併用して調整することが必要であると思われる。

【参考文献・図書】

1) 標準X線CT画像計測 市川 勝弘 村松 禎久 オーム社

肝臓の低管電圧撮影による造影効果と造影剤減量について

一関市国民健康保険藤沢病院 医療技術部 放射線科
菊地 鉄也 (Kikuchi Tetsuya)

【目的】

造影剤は注入条件、被写体、撮影条件により変化するが、管電圧をさげることでCT値が上昇することは既知のとおりである。そこで低管電圧撮影による造影剤減量の可能性について検討する。

【使用機器】

CT装置 : PHILIPS (Brilliance64)
ファントム : システム性能ファントム (PHILIPS) 球状水ファントム (GE)
画像解析 : ImageJ Excel2003
線量計 : ラドカル社製model9015
造影剤 : オムニパーク300 (第一三共)

【検討項目・方法】

1. 実効エネルギーの測定
X線管球を90°に固定、アルミニウム板を1mm毎に10mmまで厚さを増しアイソセンターで80、120、140kvの各管電圧における吸収線量を計測し、半価層を求め実効エネルギーを算出した。
2. 低管電圧(80Kv)によるCT値上昇の検証
120kvで100HUから400HUまで50HU毎に希釈した造影剤を、80kv、120kv、140kvの各管電圧でmAsを100毎に400mAsまで可変させCT値を計測した。
3. 低管電圧(80kv)におけるmAsの決定とノイズ評価
 - ・ mAsの決定
腹部を想定した球状(φ280mm)の水ファントムにおいて、120kvと同等のNPSとなるmAsは、80kvでは約4倍以上のmAsが必要となり、装置の限界を超える。そこで、ある程度のノイズは容認すること

とし、SD法によりmAsを決定した。肝SDの基準目標は5mm厚・SD11以下であるが、当院は3mm厚で再構成しているためSD12となるmAsで決定した。

・ノイズ評価

〈CTDI_{vol}とSDの比較〉

CTDI_{vol}が同等になるmAsにおいて、80kv、120kv、140kvの各管電圧で撮影しそのSDを計測し、CTDI_{vol}との関係を求めた。

〈被写体厚とNPSの比較〉

φ 230mmとφ 330mmの球状の水ファントムにおいて、CTDI_{vol}を同等とした、mAsで80kv、120kv、140kvの各管電圧で撮影し、NPSを比較した。

4. 画質評価

120kvの標準体型で使用している撮影条件(250mAs)と方法3で求めた撮影条件で、システム性能ファントムを撮影しMTF、高コントラスト分解能、CNRを比較した。

5. 臨床画像の評価

肝造影検査において、造影剤量を600mgI/30secから450mgI/30secへ減量し、方法3で求めた撮影条件で、門脈相(70s後)における肝CT値の上昇値とSDを計測した。

【結果】

1. 実効エネルギーの測定

Table 1 に、アイソセンターにおけるBrilliance64の測定結果に加え、Sensation64、Aquilion64の実効エネルギーを測定した結果を示す。Sensation64、Aquilion64の測定結果は、山形大学医学部附属病院の論文から引用したものである。Brilliance64の実効エネルギーは58.4keVと他社の120kvよりも高く、使用する造影剤を同一量、同一濃度とした場合、CT値が比較を行なった他社装置より低くなることを示している。また、装置によって造影コントラストが異なるため、目的とするコントラストを得るためには、装置の特性を知り使用する造影剤や管電圧は装置毎に設定する必要がある。

Table 1 実効エネルギー

	Aquilion64	Sensation64	Brilliance64
80kv	35	46.5	49.4
120kv	41.4	53.4	58.4
135kv	43.2		
140kv		58.1	62.4

2. 低管電圧によるCT値上昇の検討

Fig.1には、管電圧変化によるCT値上昇を示す。120kvと比較し、80kvでは約1.7倍CT値が上昇し、140kvでは、約20%CT値が低下している。低管電圧により造影剤のCT値上昇が確認できたため造影剤量減量の可能性が示唆された。

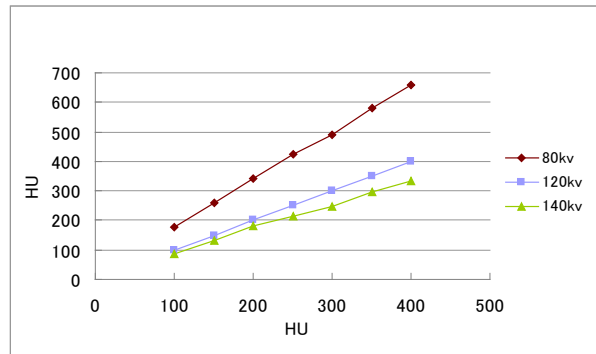


Fig.1 管電圧と造影剤のCT値

3. 低管電圧によるmAsの決定(ノイズ評価)

・mAsの決定

Fig.2には、NPSを120kvと同等した場合のmAsとの関係を、Fig.3には各管電圧のmAsとSDの関係を示す。目標基準のSD12となるmAsは600~650mAsであった。装置の負荷も考慮し600mAsを撮影条件として決定した。さらに、120kvと同等のSDにするためには、4倍以上のmAsが必要であった。

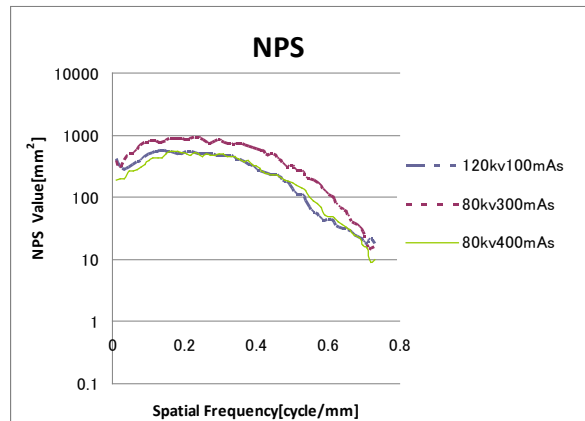


Fig.2 120kv と同等の NPS

・ノイズ評価

〈CTDI_{vol}とSDの関係〉

Fig.4は、同じCTDI_{vol}のmAsにおける各管電圧とSDの関係を示す。80kvは高管電圧に比べSDが高くなり、CTDI_{vol}

を同じにしても、SDは同等にならない。80kvにおいてSDを同等とするためにmAsを増加させた場合、CTDI_{vol}は120kvより多くなった。

〈被写体サイズとNPSの関係〉

Fig5は、被写体サイズと各管電圧におけるNPSの関係を示す。被写体サイズが大きくなるほど、高管電圧と低管電圧との差は大きくなる。

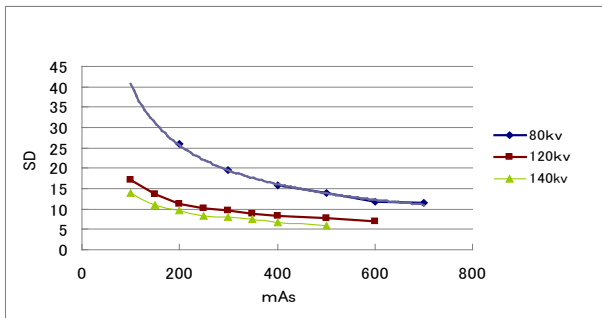


Fig.3 管電圧とSDの関係

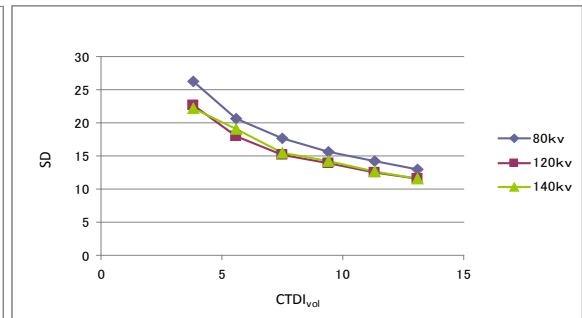


Fig.4 CTDI_{vol}とSDの関係

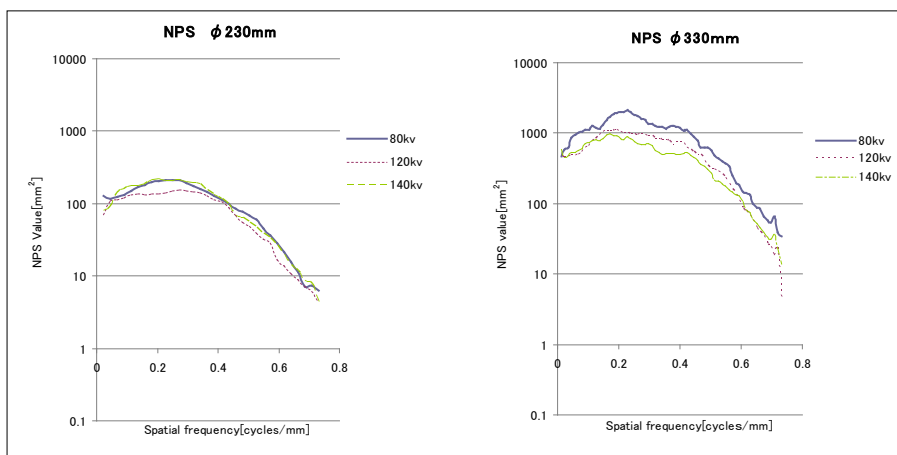


Fig.5 被写体厚の違いによるNPS

4. 画質評価

120kvと方法3で決定したmAsによる画像比較、Fig6にはMTF、Fig7には高コントラスト分解能 (Line profile)、Fig8にはCNRを示す。低管電圧80kvは、空間分解能、高コントラスト分解能に影響を与えずに、CNRは約1.4倍上昇し、低コントラスト分解能が良好となった。

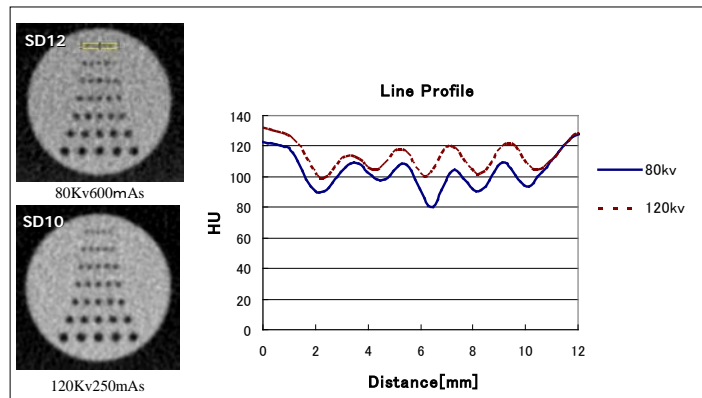


Fig.6 高コントラスト分解能の比較

5. 臨床画像評価

Fig9は、造影剤量を25%減量(450mgI/kg)し注入時間一定(30s)で撮影した、門脈相における肝CT値の上昇CT値を示す。体重42kgから64kgの8症例全てにおいて50HU以上の上昇が認められ、造影剤量の減量が可能であることが示唆された。

Fig10は、肝臓における体重とSDの関係を示す。53kg以下の群は、基準目標であるSD12を満たしているが、57kg以上の群はSDが14~15となった。基準を満たさないSD15の画像は、ノイズよりも造影コントラストが向上し

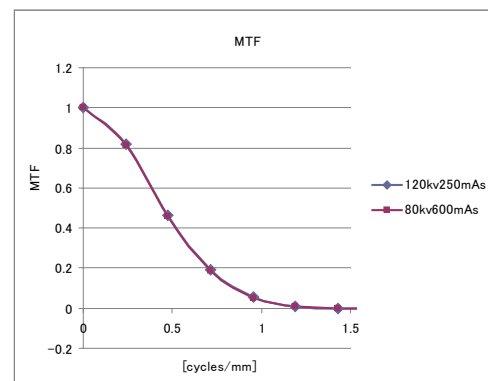


Fig.7 MTFの比較

ているため診断に影響はないと思われる。

Fig11は、同一患者による管電圧120kvと80kvで撮影した症例を示す。撮影方法、タイミングも同一とし、80kvでは造影剤量を25%減量している。80kvにおいて総胆管の壁が強い染まりを呈し胆管癌が疑われ精査した結果、胆管癌と診断された。120kvでは、造影効果が弱く医師による診断では、所見なしとされていた。

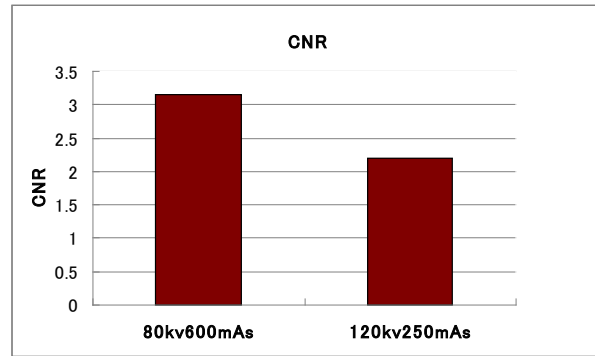


Fig.8 CNRの比較

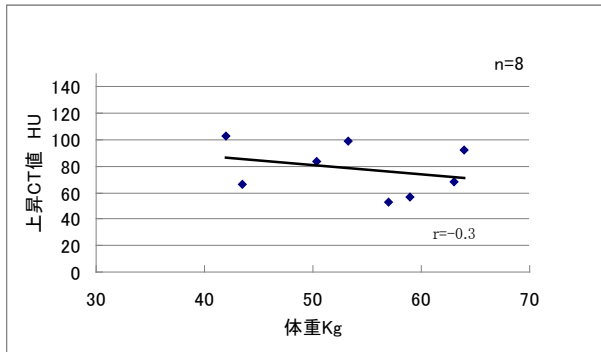


Fig.9 門脈相におけるCT値の上昇

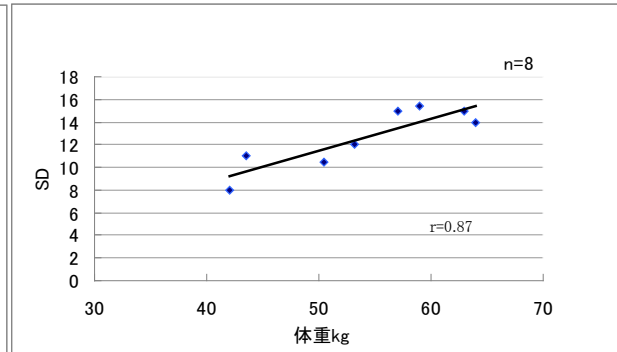


Fig.10 肝のSD

【まとめ】

低管電圧80kvにおいて、造影剤のCT値は約1.7倍上昇し、濃度が低いほど上昇率は高くなる。

低管電圧撮影は、ノイズが増え120kvと同等のノイズにするためには、4倍以上のmAsが必要であり、CTDI_{vol}も多くなる。高管電圧と同等のSDが得られるmAsの低管電圧撮影は、多少のノイズが増えても空間分解能、高コントラスト分解能に影響を与えずに、低コントラスト分解能が上昇する。臨床画像の評価において造影剤を25%減量した門脈相のCT値は、全てにおいて基準目標である50HU以上、上昇し造影剤量の減量が可能であることが示唆された。

被写体サイズが大きいほどノイズは増大するが、体重などで上限を定めれば逐次近似再構成法のない装置においても利用可能と思われる。

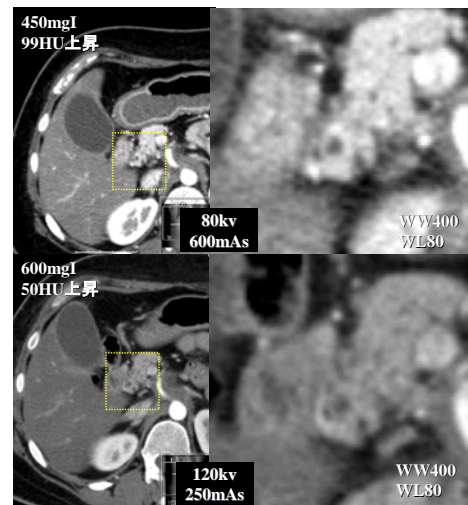


Fig.11 胆管癌症例

【参考文献・図書】

- 1) 標準X線CT画像計測 日本放射線技術学会 監修 市川勝弘 株式会社オーム社
- 2) CT造影理論 編集 市川智章(医学書院)
- 3) X線CT撮影における標準化「～ガイドラインGuLACTIC～」日本放射線技術学会
- 4) 佐藤俊光 手付近に着目して「CT分野:管電圧の選択どうされていますか?管電圧を可変したときの影響について考えてみよう」 東北部会第48回学術大会テクニカルミーティングより 日本放射線技術学会東北部会雑誌第20号
- 5) 大沼千津:X線CT装置の実行エネルギー測定
- 6) 島田巧:腹部領域における最適撮影条件 ヘリカルCT(ダイナミックCT)の実践マニュアル(1)ヘリカルCTの適正撮影条件
- 7) 石田智一:CTにおける肝臓検査

