

臨床技術

MDCTによる肝臓癌スクリーニング検査時の
至適設定スライス厚の検討松原孝祐・越田吉郎¹⁾・鈴木正行¹⁾・西村 綾
上野博之²⁾・高田忠徳・辻井秀夫・山本友行

金沢大学医学部附属病院放射線部

1) 金沢大学大学院医学系研究科保健学専攻

2) 金沢大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

論文受付
2007年5月31日論文受理
2007年11月5日Code Nos. 251
621

緒言

日本における肝臓癌の罹患率は高く、年間死亡者数が男性は3番目、女性は5番目に多い癌であると報告されている¹⁾。死亡者数の減少のためには、できるだけ早い段階での癌の検出および適切な治療が必要である。肝臓癌の拾い上げ(スクリーニング)の際には、一般的にはまず超音波検査法(ultrasound, 以下US)が行われるが、USでは十分に検索できない場合、病変の鑑別診断ができない場合、および明らかな異常はないが、腫瘍マーカーの上昇がみられて病変の存在が否

定できない場合などにはCT検査が適用される²⁾。

日本においてはウイルス性肝硬変に伴って肝細胞癌が発生するケースが非常に多く、一般には肝硬変に生じた肝腫瘍は肝細胞癌が第一に疑われる。典型的な肝細胞癌である古典的(中分化～低分化型)肝細胞癌は、動脈優位相で高吸収、後期相でリング状濃染を呈する画像所見がみられるが、一方でほとんどの肝細胞癌が、再生結節-腺腫様過形成-異型腺腫様過形成-早期肝細胞癌-高分化型肝細胞癌-古典的肝細胞癌というように多段階発育を経て肝細胞癌になると考えられ

Evaluation of Appropriate Slice Thickness Setting in Multidetector-row CT Examinations for Screening of Liver Cancer

Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida,¹⁾ Masayuki Suzuki,¹⁾ Aya Nishimura, Hiroyuki Ueno,²⁾ Tadanori Takata, Hideo Tsujii, and Tomoyuki Yamamoto

Department of Radiological Technology, Kanazawa University Hospital

1) Department of Quantum Medical Technology, Kanazawa University Graduate School of Health Sciences

2) Department of Radiological Technology, Kanazawa University

Received May 31, 2007; Revision accepted Nov. 5, 2007; Code Nos. 251, 621

Summary

In this study, we evaluated clinical images to determine appropriate settings for slice thickness in screening examinations for hepatocellular carcinoma and metastatic liver cancer, which are frequently performed in abdominal CT. The clinical images of 15 cases screened for hepatocellular carcinoma and 15 cases screened for metastatic liver cancer were evaluated. The evaluation was visually performed by three abdominal radiologists, and the sensitivity and specificity of each slice thickness were calculated. Results: differences in sensitivity and specificity were not found between slice thicknesses of 2.5 mm and 5.0 mm; however, sensitivity and specificity were low, and confidence was also low at a 10.0 mm slice thickness. Furthermore, when a 5.0 mm slice thickness was adopted, it was shown that radiation dose in limited parts could be reduced greatly to a noise level that compared equally with a study in which a 2.5 mm slice thickness was adopted in another evaluation. Therefore, the objective could be achieved by using a slice thickness of about 5.0 mm in multidetector-row CT examinations for the screening of liver cancer, while controlling patient dose to a minimum.

Key words: multidetector-row CT(MDCT), slice thickness, hepatocellular carcinoma, metastatic liver cancer, automatic tube current modulation(ATCM)

別刷資料請求先: 〒920-8641 石川県金沢市宝町13-1
金沢大学医学部附属病院放射線部 松原孝祐 宛

ており、この発育段階において腫瘍の血流支配や脂肪化の有無が変化する。したがって、古典的肝細胞癌を検出するのみならず、発育段階の結節における血流変化の検出や脂肪化の有無を証明することが要求される²⁾。また、肝臓には悪性腫瘍の他に多数の良性腫瘍や腫瘍類似病変が存在しているため、これらとの鑑別も必要である。CT検査単独によるここまでの鑑別診断は非常に困難であるものの、精度の高い検査を施行することが要求される。

一方、肝臓は代表的な転移の標的臓器とされているが、これは門脈系臓器癌を中心に腹腔外臓器癌からも高頻度に肝転移をきたすことによる³⁾。肝転移は外科切除、局所治療、抗癌剤の開発によって、従来の姑息的治療から積極的治療へと変化しているため、CT検査においてもより正確な診断が求められる。

multidetector-row CT(以下MDCT)の導入に伴い、腹部CT検査においても薄いスライス厚の画像を容易に撮影することができるようになった。しかし、読影に用いる軸位断像は部分体積効果の影響が少ない(すなわちスライス厚が薄い)必要がある一方で、ノイズが少なく低コントラスト分解能が良好な画像でなければならない⁴⁾。ノイズが少ない画像を提供するための最も簡単な方法は管電流値を上げることであるが、それはすなわち被曝線量の増加につながることであり、それに伴うX線管への負荷の問題も生じる。さらには画像枚数の増加に伴う画像サーバの必要容量増加、フィルム出力枚数増加の問題も考慮しなければならない。したがって、読影に用いる軸位断像のスライス厚の最適化は腹部CT撮影の標準化のための重要な課題の一つである。

そこで、腹部CT検査の中でも頻度が高いと考えられる肝細胞癌スクリーニング検査および転移性肝癌スクリーニング検査における至適設定スライス厚を提案することを目的とした検討の結果を報告する。

1. 方法

1-1 使用機器および材料

CT装置：LightSpeed Ultra16(16DAS MDCT・GE Healthcare社製)

読影用モニター：EIZO RadiForce R2X(2Mピクセル対応カラーLCD・ナナオ社製)

低コントラスト分解能評価用ファントム：MHT型(京都科学社製)

1-2 臨床画像の評価

肝細胞癌スクリーニングを目的とした15症例(すべてウィルス性肝硬変の経過観察症例。平均年齢64±13歳、男性10名、女性5名)および転移性肝癌スクリー

ニングを目的とした15症例(原発疾患の内訳は、大腸癌が5例、胃癌が4例、腎癌が2例、食道癌、膵癌、胆管癌、肺癌が各1例ずつ。平均年齢63±10歳、男性9名、女性6名)の計30症例に対して上腹部造影検査を施行した。期間は2006年4月から6月で、プロスペクティブ研究である。

造影剤は300mg/mlの100mlシリンジ製剤を2.0ml/kg使用し(50kg以上の被検者は全量使用)、造影剤注入時間を30秒間とした。撮影は単純(造影前)、動脈優位相(注入開始より35秒後から)、後期相(注入開始より90秒後から)の3時相撮影とした。

撮影パラメータは管電圧120kV、ヘリカルピッチ0.5625:1、管球回転速度0.5sec/rot、X線ビーム幅20mmで統一した。また、管電流はautomatic tube current modulation(以下ATCM)機能を使用し、肝細胞癌の診断に用いるCT画像に必要な条件とされる“肝実質のCT値の標準偏差10.0Hounsfield unit(以下HU)以下⁴⁾”を十分に達成できるように、2.5mmスライス厚を基準として、最大300mA、最小10mA、noise index(以下NI) 8.0とした。なおこの撮影法および撮影パラメータの組み合わせは、Matsubaraらが示す肝臓領域で重要である低コントラスト分解能と時間分解能を重視した撮影パラメータの組み合わせ⁵⁾に準じたものであり、また、当院で通常行われている腹部撮影法と同様であるため、この検討によって通常行われている撮影よりも被曝線量が増加する可能性はない。

GE Healthcare社製のX線CT装置には、Auto mAという名称のATCMが搭載されている。あらかじめ設定したNIが、得られる画像におけるCT値の標準偏差の目標値となるため、NIは画像のノイズ量を調節するための指標となる。実際には、あらかじめ撮影される位置決め画像から、設定した管電流の最大値と最小値の間で、NIに応じて必要な管電流値が1回転ごとに決められる仕組みとなっており、体軸方向の管電流変調機構である⁶⁾。Auto mAに関しては、頸部領域ではNamasivayamら⁷⁾が、躯幹部領域ではKalraら⁸⁻¹⁰⁾が既にその有用性を報告している。

撮影は2.5mmスライス厚で行い、再構成間隔も2.5mmとした。同時に5.0mmおよび10.0mmスライス厚の画像をプロスペクティブ再構成(再構成間隔はそれぞれ5.0mm、10.0mm)し、それぞれを別のメディアに保存した。なお、スライスプロファイルを広げることによりノイズ量を減らすことができる再構成の手法であるPlusモード^{6,11)}は使用せずに、通常のスライスプロファイルを提供するFullモードを使用した。再構成関数はStandard(標準関数)を使用した。

得られたスライス厚の異なる3種類の画像は、ランダムにA、B、Cのいずれかのグループに分類した(例

2.5mm=グループA, 5.0mm=グループC, 10.0mm=グループB)。ただし, このとき同一症例でグループが重複しないようにした。また, すべての症例はあらかじめ3種類のスライス厚すべてを検査目的と合わせて腹部読影専門医に提示して, 読影用モニターで読影してもらい(ウィンドウ調整機能, ズーミング機能は使用可能とした), その結果を腫瘍有無の判定基準とした。

次に, これらの画像を別の腹部読影専門医3名に提示して(グループA~Cをそれぞれ1名が担当), 読影用モニターで読影してもらい(ウィンドウ調整機能, ズーミング機能は使用可能とした), 各症例について肝細胞癌または転移性肝癌が「ある」「多分ある」「多分ない」「ない」のいずれかにチェックしてもらった。「ある」「多分ある」と判定した場合はその場所も示してもらい, その場所が違う場合は, その症例が陽性の場合, 陽性を陰性と判断したものとみなし, 陰性の場合, 陰性を陽性と判断したものとみなした。

1-3 低コントラスト分解能の比較

当検討では2.5mmスライス厚にてNI=8.0に設定して撮影を行い, 2.5mm, 5.0mmおよび10.0mmスライス厚の画像を再構成したものを視覚評価の対象としているが, この方法で得られる5.0mmおよび10.0mmスライス厚の画像と, 5.0mmおよび10.0mmスライス厚のそれぞれでNI=8.0に設定して撮影した画像の低コントラスト分解能が同等か否かを, 臨床画像撮影時と同様の撮影条件で低コントラスト分解能評価用ファントムを撮影し, 以下の5種類の画像について中心部および周辺部のcontrast noise ratio(CNR)を測定することにより評価した。撮影はA, D, Eをそれぞれ5回ずつ行った(B, CはAより再構成)。

A) 2.5mmスライス厚で, NI=8.0に設定して撮影した画像

B) Aを5.0mmスライス厚で再構成した画像

C) Aを10.0mmスライス厚で再構成した画像

D) 5.0mmスライス厚で, NI=8.0に設定して撮影した画像

E) 10.0mmスライス厚で, NI=8.0に設定して撮影した画像

CNRは,

$$\text{CNR} = \frac{\text{CT}_{\text{VALUE}}(\text{SIGNAL}) - \text{CT}_{\text{VALUE}}(\text{BASE})}{\text{SD}(\text{BASE})}$$

とした。

なお, シグナルは65HU相当で直径10mmの部分を使用し, ベースは50HU相当であった。A~Eの5群間の有意差検定にはテューキーの多重比較試験を用いた。危険率は5%とした。

1-4 局所線量の比較

装置に表示される線量情報であるvolume computed tomography dose index(以下CTDIvol)は, ATCM機能を使用することで, 被検者の体型やNIに応じてその値が変化する¹²⁾。さらに, NIを設定する際の基準とするスライス厚を変えることによっても管電流値が変わるため, 基準スライス厚を変更した場合, 同一のNIでもCTDIvolは基準スライス厚に応じて異なる値となる。これは局所線量の変化のみに着目した場合, 同一設定スライス厚でNIを変えて撮影を行うことと同じ意味を持つことになる。そこでNIが異なることによって, 実際にどの程度装置に表示されるCTDIvolが異なるかを, 撮影施行前に調べた。

対象としたのは, 腹部CT検査を施行した51名である。内訳は男性29名, 女性22名で, 平均年齢は62±12歳, 平均身長は160±8cm, 平均体重は57.1±9.8kgである。撮影パラメータは管電圧120kV, ヘリカルピッチ0.5625:1, 管球回転速度0.5sec/rot, X線ビーム幅20mmで統一し, ATCMの設定値は, 最大440mA, 最小10mAで, NIを6.0から12.0まで1.0ずつ変化させて(2.5mmスライス厚で設定), 装置に表示されるCTDIvolを記録した。記録後は通常腹部CT検査で用いている撮影パラメータに戻して撮影を行ったため, その後の撮影に影響を与えることはなく, 被曝線量が増加する可能性もない。

2. 結果

2-1 肝細胞癌スクリーニング検査

事前の3種類すべてのスライス厚による読影によって肝細胞癌があると判断されたのは, 15例中3例であった。

評価結果は, 10.0mmスライス厚の場合, 2症例で, 実際は肝細胞癌があるにもかかわらず, 「ない」と判断されていた。そのうちの1症例をFig. 1に示す。また, 別の2症例では, 2.5mmおよび5.0mmスライス厚では「ない」と判断されている一方で, 10.0mmスライス厚では「多分ない」と判断されていた。

2-2 転移性肝癌スクリーニング検査

事前の3種類すべてのスライス厚による読影によって転移性肝癌があると判断されたのは, 15例中3例であった。

評価結果は, 10.0mmスライス厚の場合, 1症例で実際は転移性肝癌がないにもかかわらず, あると判断されていた(Fig. 2)。また, 別の2症例では, 2.5mmおよび5.0mmスライス厚では「ない」と判断されている一方で, 10.0mmスライス厚では「多分ない」と判断されていた。さらに別の1症例では, 2.5mmおよび5.0mm

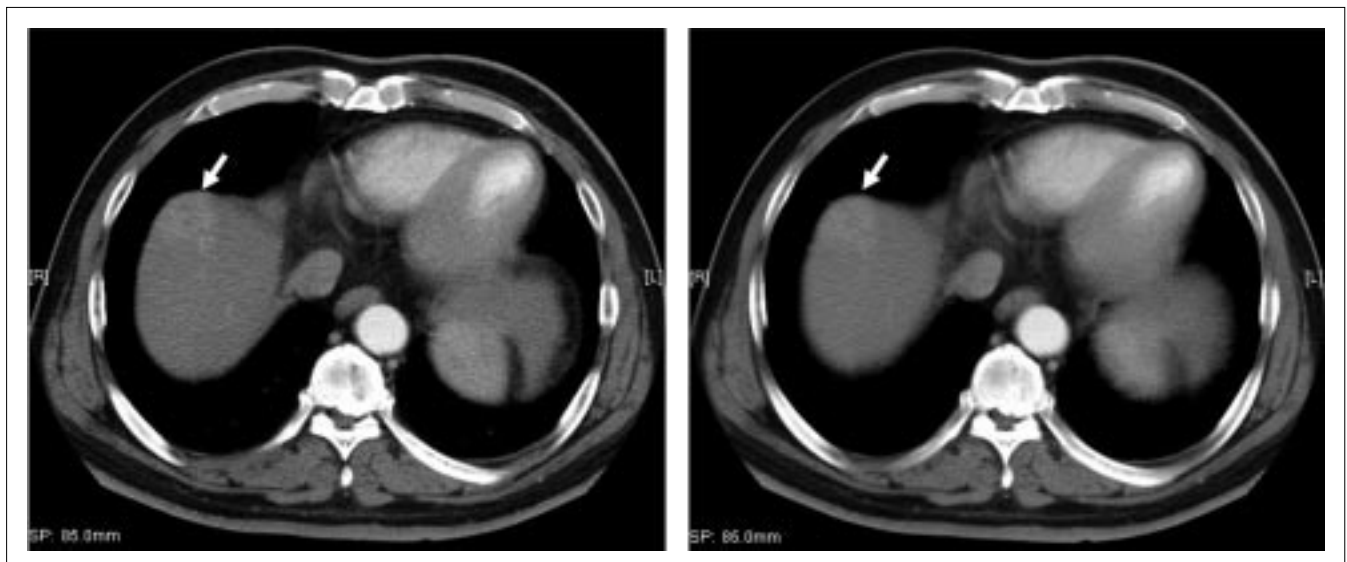


Fig. 1 Transverse CT images in 59-year-old man with hepatocellular carcinoma (white arrows)
 (a) Image with a 5.0 mm slice thickness obtained in arterial phase.
 (b) Image with a 10.0 mm slice thickness obtained in arterial phase. The tumor was difficult to detect because of the partial volume effect.

a | b

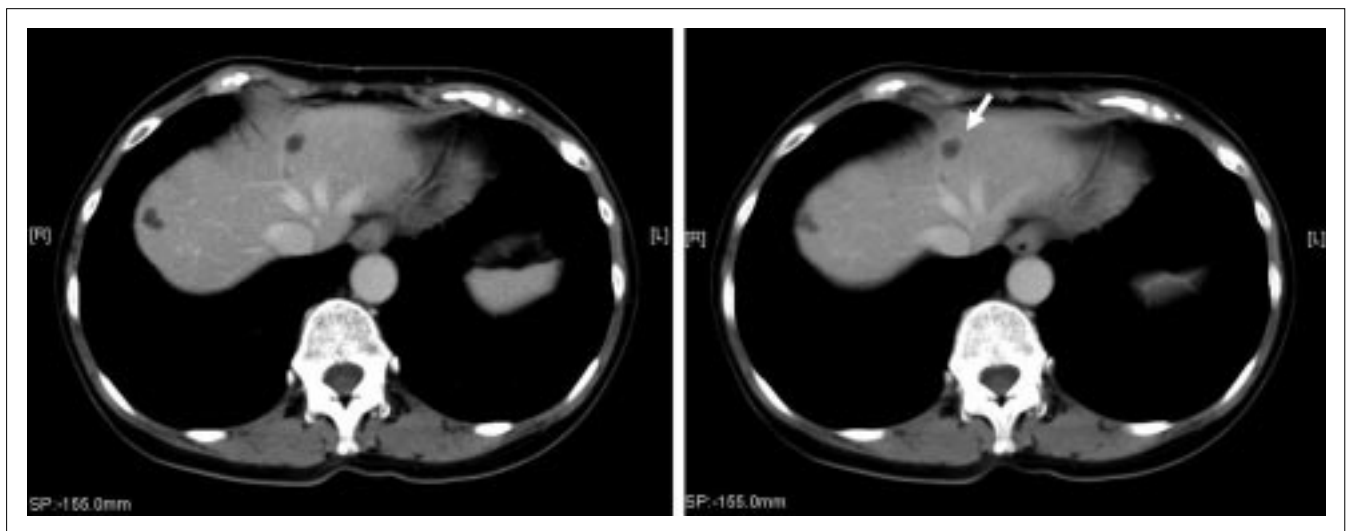


Fig. 2 Transverse CT images in 65-year-old woman with multiple liver cysts.
 (a) Image with a 5.0 mm slice thickness obtained in delayed phase.
 (b) Image with a 10.0 mm slice thickness obtained in delayed phase. Inside, the cysts were colored gray (not black) and one of the cysts (white arrow) was shown as if the periphery of the cyst was enhanced.

a | b

スライス厚では「ある」と判断されている一方で、10.0mmスライス厚では「多分ある」と判断されていた。

2-3 感度，特異度

「ある」「多分ある」を陽性、「ない」「多分ない」を陰性とした場合のtrue positive fraction (TPF：真陽性率)，true negative fraction (TNF：真陰性率)，false positive fraction (FPF：偽陽性率)，false negative fraction (FNF：偽陰性率)，およびこれら四つの値より算出した感度，特異度をTable 1に示す。

肝細胞癌スクリーニングでは10.0mmスライス厚の感度が低く，転移性肝癌スクリーニングでは10.0mmスライス厚の特異度が低いという結果が得られた。2.5mmスライス厚および5.0mmスライス厚では，感度，特異度ともに100%であった。

2-4 低コントラスト分解能の比較

A～EのCNRおよびSD (BASE)をTable 2に示す。2.5mmスライス厚にてNI=8.0に設定して撮影を行い，5.0mmおよび10.0mmスライス厚の画像を再構成した画像B，Cと，5.0mmおよび10.0mmスライス厚のそ

Table 1 Sensitivity and specificity of each slice thickness in the screening of hepatocellular carcinoma and metastatic liver cancer.

(a) Screening of hepatocellular carcinoma				(b) Screening of metastatic liver cancer			
	Slice thickness				Slice thickness		
	2.5mm	5.0mm	10.0mm		2.5mm	5.0mm	10.0mm
TPF(%)	100.0	100.0	100.0	TPF(%)	100.0	100.0	33.3
TNF(%)	100.0	100.0	91.7	TNF(%)	100.0	100.0	100.0
FPF(%)	0.0	0.0	8.3	FPF(%)	0.0	0.0	0.0
FNF(%)	0.0	0.0	0.0	FNF(%)	0.0	0.0	66.7
Sensitivity(%)	100.0	100.0	100.0	Sensitivity(%)	100.0	100.0	33.3
Specificity(%)	100.0	100.0	91.7	Specificity(%)	100.0	100.0	100.0

Table 2 Low contrast resolution under different slice thicknesses or NI settings.

(a) CNR				
Group	Slice thickness (mm)	NI	CNR	
			On-center	Off-center
A	2.5	8.0	1.69±0.36	2.16±0.46
B	5.0	Retro(A)	2.17±0.21	2.86±0.41
C	10.0	Retro(A)	2.47±0.22	3.06±0.26
D	5.0	8.0	1.44±0.28	2.24±0.30
E	10.0	8.0	1.25±0.13	1.59±0.36

(b) SD(BASE)				
Group	Slice thickness (mm)	NI	SD(BASE)	
			On-center	Off-center
A	2.5	8.0	7.36±0.75	6.14±1.06
B	5.0	Retro(A)	5.61±0.53	4.47±0.42
C	10.0	Retro(A)	3.78±0.34	3.25±0.31
D	5.0	8.0	7.72±0.79	6.30±0.59
E	10.0	8.0	7.87±0.48	7.08±1.36

れぞれでNI=8.0に設定して撮影した画像(D , E)の CNRを比較すると, 5mmスライス厚(B , D)の比較において周辺部では有意差があるとはいえなかったが, 中心部では有意差を認めた。また, 10mmスライス厚(C , E)の比較では, 中心部, 周辺部ともに有意差を認めた。

2-5 局所線量の比較(Fig. 3)

特に低い INI(6.0から9.0まで)の場合, 必要な管電流値を出力することができないためにCTDIvolが36.22mGyで頭打ちとなるケースが存在した(51例中20例)。NIが6.0から7.0の間で頭打ちの影響による傾きの減少がみられ, NIが9.0を超えると再び傾きが小さくなった。

3. 考 察

MDCTは設定スライス厚を薄くした場合でもスキャン時間を短くすることができるため⁴⁾, single detector-row CTと比較してより薄いスライス厚を腹部CT検査に用いることが容易となった。しかし, 薄いスライス厚を用いることが必ずしも最適であるとはいえないのは先述のとおりであり, 検査目的に応じて適切な設定スライス厚にて撮影を行うことが重要である。

動注CTやMRIと比較して, CTの肝腫瘍描出能は決して高いとはいえないが, 肝細胞癌スクリーニングでは古典的肝細胞癌をサイズの大小に関わらず検出することが, 予後の改善のためには最も重要であるといえる。また, 肝細胞性結節性病変の血行支配と予後について, Hayashiら¹³⁾が境界病変や早期肝細胞癌が明ら

かな悪性転化を認める場合には必ず多血性巣の出現を認めることを示していることより、早期肝細胞癌や境界病変では、結節内部の多血性巣の有無をCTで可能な限り明確にすることが重要であると考えられる。一方、転移性肝癌の造影パターンは多岐にわたるものの、最も一般的な、単純CTでやや低吸収域となる領域が造影によって周囲に造影効果を認める所見を検出することが重要であり、予後の改善につなげるためには、転移性肝癌の有無を検出するのみならず、その個数、最大径、分布などを把握することも求められる。

3-1 臨床画像の評価

肝細胞癌スクリーニング、転移性肝癌スクリーニングの両者で2.5mmスライス厚と5.0mmスライス厚の間にはその読影結果に有意な差は認められなかった。

一方、10.0mmスライス厚の場合、感度・特異度が低いうえに、確信度(ここでは「ある」「ない」が選ばれた割合)も2.5mmスライス厚、5mmスライス厚と比較して低くなった。

10.0mmスライス厚において感度・特異度および確信度が低くなった理由としては、部分体積効果による影響が考えられる。肝細胞癌スクリーニングにおいて、実際には所見があるにもかかわらず「ない」と診断されていた症例が2例あったが、ともに2.5mmや5.0mmスライス厚で確認したうえで10.0mmスライス厚の画像を見れば病変の存在が確認できるが、10.0mmスライス厚の画像を見ただけでは確認が困難な病変であった。一方、転移性肝癌スクリーニングにおいては、実際には卵巣性腫瘍であるものを転移性肝癌と誤認していた症例が1例あったが、同様に部分体積効果によって、低吸収域の周囲に造影効果があるかのように見えたのが誤認の原因であった。なお当検討では、体重50kgを超える被検者に対しては注入造影剤量2ml/kgを確保できなかったため、それに伴う造影不良が視覚評価の結果に影響を及ぼした可能性を否定できないものの、各症例における腫瘍の有無の判定基準はあくまでも「あらかじめ3種類のスライス厚全てを検査目的と合わせて腹部読影専門医に提示して読影してもらった結果」であるため、造影不良のために病変が分からない症例の場合、判定基準も陰性となっていると考えられるため、大きな問題とはなり得ない。

また、当検討で評価の対象とした肝細胞癌スクリーニングの15症例の中には早期肝細胞癌や境界病変と診断される病変を有する症例は含まれていなかったが、10.0mmスライス厚で典型的肝細胞癌が見落とされていたことを考えると、10.0mmスライス厚で境界病変を正確に診断することはなおさら困難であると考えられる。

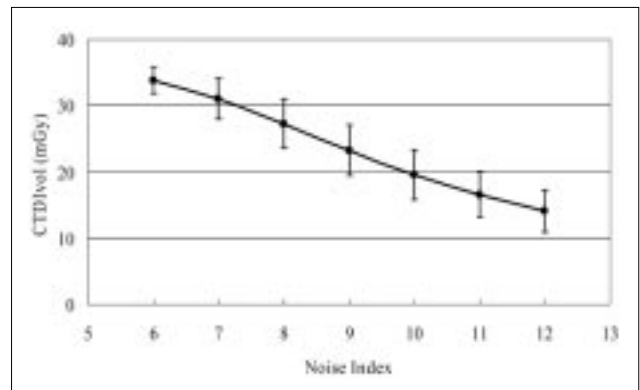


Fig. 3 Relationship between set NI and mean displayed CTDIvol.

したがって、2.5mmもしくは5.0mmスライス厚であれば、肝細胞癌および転移性肝癌のスクリーニングという目的を十分に達成することができるが、10.0mmスライス厚では部分体積効果の影響によって、典型的肝細胞癌および悪性転化のサインとなる多血性巣が埋没してしまう可能性や、転移性肝癌における低吸収域周囲の造影効果の有無の描出が不十分となる可能性が高いため、検査目的を十分に達成するには、設定スライス厚は2.5mmもしくは5.0mmが望ましいと考える。

Kopkaら¹⁴⁾は4DAS MDCTを使用した腫瘍の良悪性の鑑別時における至適スライス厚の検討を行っており、腫瘍の描出および良悪性の鑑別の両者で3.75mmスライス厚と5.0mmスライス厚が優れており、7.5mmスライス厚を用いた場合は感度、鑑別率が有意に低下するとの結果を示している。またHaiderら¹⁵⁾は、5mm未満のスライス厚にしても転移性肝癌の検出能は向上しないとの結果を示している。われわれは16DAS MDCTを用いて2.5mm、5.0mm、10.0mmの3種類のスライス厚を対象とした比較を行ったため、KopkaらおよびHaiderらとは比較したスライス厚が異なっているが、それでも両者の結果に近い結果が得られたといえる。

3-2 評価画像の低コントラスト分解能

CNRを比較したところ、視覚評価で用いた画像と、5.0mmまたは10.0mmスライス厚のそれぞれでNI=8.0に設定して撮影した画像が同等な低コントラスト分解能を有しているとはいえなかったため、当検討においては、スライス厚に加えて低コントラスト分解能も異なる3種類の画像を対象とした視覚評価を行ったことになる。この点は当検討における視覚評価法の問題点であるといえるが、Table 2bに示したSD値は、肝細胞癌の診断に必要なとされるSD値(10HU)を十分に下回っており、画像間のCNRの有意差は、診断には要求され

ない程度の低いノイズレベルでの有意差をみていることになるため、この有意差が視覚評価結果に影響を与えとは考えにくい。したがって、小さな体型から標準的な体型の被検者を対象とした場合は、当検討における視覚評価法に問題はないと考える。

次に大きな体型の被検者を対象とする場合を考えてみると、線量の頭打ちの影響でTable 2と同等のCNRとはならないため、NI=8.0で撮影した2.5mmスライス厚の画像から再構成した5.0mmおよび10.0mmスライス厚画像のCNRはTable 2aに示した値よりも低下する。その結果、5.0mm、10.0mmスライス厚のそれぞれでNI=8.0に設定して撮影した画像にCNRが近づくことが予想される。しかし、同等であることは示せておらず、CNRの違いを補正することは現行システムでは不可能であるため、当検討における視覚評価法は、低コントラスト分解能が異なることによる影響を少なからず含んだ方法であるといえる。

3-3 局所線量

Fig. 3に示したグラフはNIが6.0から9.0で頭打ちのデータが含まれているため、この領域では理論的には正確さを欠くデータであるといえるが、逆にいえば装置のX線出力性能をそのまま反映した結果であるため、現実的な結果と評価することができる。

5.0mmスライス厚を基準にNIを8.0に設定する場合のCTDIvolは、装置上の表示によると、2.5mmスライス厚を基準にNIを11.3に設定する場合のCTDIvolと同じ値になる。Fig. 3からは、NIを8.0に設定した場合のCTDIvolの平均値は27.3mGyであるが、NIを11.3に設定した場合のCTDIvolの平均値は16.0mGyであると分かる。

したがって、5.0mmスライス厚を採用した場合は、2.5mmスライス厚を採用した場合と比較して、同等のノイズ量の画像を撮影するための被検者被曝線量を58%程度に抑えることが可能であると推測できる。

3-4 至適設定スライス厚

3-1にて、設定スライス厚は2.5mmもしくは5.0mmが望ましいとしたが、3-3にて、5.0mmを採用した場合は2.5mmを採用した場合と比較して局所線量を大幅に低減できることを示した。したがって、2.5mmと5.0mmでその読影結果に有意な差を認めなかったことより、被検者被曝線量の低減を考慮すると、5.0mmス

ライス厚が肝細胞癌スクリーニングおよび転移性肝臓癌スクリーニングCT検査において、被曝線量を最低限に抑えつつその目的を十分に達成することができる至適スライス厚であるといえる。

しかし、5.0mmスライス厚と10.0mmスライス厚の間のスライス厚に関する評価は、当検討では行っていない。KopkaらやHaiderらの提示した結果を踏まえると、5.0mmスライス厚が至適スライス厚であると断定しても問題はないと考えるものの、少なくともわれわれの提示した結果だけで真の至適スライス厚が5.0mmと10.0mmの間にある可能性を否定することはできない。また、この結果を他の装置に適用してもよいと断定することはできない。理由としては、装置による線質の違い(コントラストに影響)、装置による実効スライス厚の違いが挙げられる。これらの点について、われわれは検討を行っていない。また、5.0mmスライス厚を設定できない装置も存在する。よって、これらの問題点を考慮したうえで、5.0mmを基準として実際に使用するスライス厚を決定することが望ましいと考えられる。

4. 結語

肝臓癌スクリーニングCT検査時の設定スライス厚の最適化は、腹部CT撮影の標準化のための重要な項目の一つである。必要以上に薄いスライス厚は、ノイズの増加に伴う低コントラスト分解能の低下が懸念され、それを解消するために管電流値を上げることは被検者被曝線量の増加に繋がるため、極力避けなければならない。

肝細胞癌および転移性肝臓癌スクリーニングを目的としたCT検査時には、5.0mmスライス厚程度で撮影することによって、被検者被曝線量を最低限に抑えつつ、その目的を十分に達成することができる。

謝辞

本研究を行うにあたり、撮影および読影に快くご協力いただいた金沢大学医学部附属病院放射線科・放射線部の皆様、および画像評価に関してご助言いただいた金沢大学大学院医学系研究科の市川勝弘氏に厚く御礼申し上げます。

なお、本論文の一部は日本放射線技術学会第63回総会学術大会(2007年、横浜)において発表した。

参考文献

- 1)平成17年 人口動態統計(確定数)の概況. 厚生労働省, 東京,(2005).
- 2)松井 修, 小林 聡, 寺山 昇, 他: 血行動態からみた早期肝細胞癌の画像診断 - ダイナミックCT, ダイナミックMRI, CTHA, CTAPについて. 消化器画像, 8(1), 27-33,(2006).
- 3)猪狩功遺, 亀井 明, 浅原新吾, 他: 肝転移の画像診断の進歩 - MDCT. 消化器画像, 7(4), 475-480,(2005).
- 4)辻井秀夫: 腹部CT検査技術のEvidenceガイドライン3. 撮影, 画像技術について(肝細胞癌, 膵癌を中心に). 第8回全国X線CT技術サミット, 金沢, 2004-7, 第8回全国X線CT技術サミット実行委員会, CT検査技術のEvidenceガイドライン, 44-48,(2004).
- 5)Matsubara K, Koshida K, Suzuki M, et al.: Contrast resolution in multidetector-row CT with 16 detector rows: phantom study. Radiol Phys Technol, 1(1) 13-19,(2008)
- 6)GE横河メディカルシステム: 6. プロトコル構築. LightSpeed Ultra 16習得と参照ガイド. pp.6.1-6.33, GE横河メディカルシステム, 東京,(2002).
- 7)Namasivayam S, Kalra MK, Pottala KM, et al.: Optimization of Z-axis automatic exposure control for multidetector row CT evaluation of neck and comparison with fixed tube current technique for image quality and radiation dose. Am J Neuroradiol, 27(10) 2221-2225(2006)
- 8)Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al.: Comparison of Z-axis automatic tube current modulation technique with fixed tube current CT scanning of abdomen and pelvis. Radiology, 232(2) 347-353,(2004)
- 9)Kalra MK, Maher MM, Kamath RS, et al.: Sixteen-detector row CT of abdomen and pelvis: study for optimization of Z-axis modulation technique performed in 153 patients. Radiology, 232(1) 241-249(2004)
- 10)Kalra MK, Rizzo S, Maher MM, et al.: Chest CT performed with z-axis modulation: scanning protocol and radiation dose. Radiology, 237(1) 303-308(2005)
- 11)GE Medical Systems: 11. General information. LightSpeed series technical reference manual rev. 1. pp.51-88, GE Medical Systems, Waukesha(2004)
- 12)関口淳子: CT装置上の被ばく線量情報の理解と被検者間による最適化. 第43回放射線撮影分科会, 大阪, 2004-10, 日本放射線技術学会放射線撮影分科会, 放射線撮影分科会誌, 43, 38-41,(2004).
- 13)Hayashi M, Matsui O, Ueda K, et al.: Progression to hypervascular hepatocellular carcinoma: correlation with intranodular blood supply evaluated with CT during intraarterial injection of contrast material. Radiology, 225(1) 143-149(2002)
- 14)Kopka L, Grabbe E: Dual-phase imaging of liver lesions with the multi-row-detector helical CT: Multiplanar spiral CT. Der Radiologe, 39(11) 971-978(1999) (article in German)
- 15)Haider MA, Amitai MM, Rappaport DC, et al.: Multi-detector row helical CT in preoperative assessment of small ($\leq 1.5\text{cm}$) liver metastases: is thinner collimation better? Radiology, 225(1) 137-142(2002)

図表の説明

Fig. 1 肝細胞癌(白矢印)を有する59歳男性のCT横断像

(a) 動脈優位相の5.0mmスライス厚画像

(b) 動脈優位相の10.0mmスライス厚画像. 部分体積効果によって, 腫瘍を検出するのは困難であった.

Fig. 2 多発性肝の癌を有する65歳女性のCT横断像

(a) 遅延相の5.0mmスライス厚画像

(b) 遅延相の10.0mmスライス厚画像. 癌内部は黒ではなくグレーで, さらに癌のうちのひとつ(白矢印)は周囲が造影されているかのように見えた.

Fig. 3 設定NIと画面に表示されるCTDIvolの平均値との関係

Table 1 肝細胞癌および転移性肝癌スクリーニング時におけるスライス厚ごとの感度および特異度

(a) 肝細胞癌スクリーニング

(b) 転移性肝癌スクリーニング

Table 2 異なるスライス厚もしくは設定NIでの低コントラスト分解能

(a) CNR

(b) SD値(ベース)