

《原 著》

^{99m}Tc-GSA 肝シンチグラフィの視覚的評価に 影響をおよぼす各種画像表示系の検討

河 村 誠 治*

要旨 ^{99m}Tc 標識ガラクトシル人血清アルブミンジエチレントリアミン五酢酸 (^{99m}Tc-GSA) を用いた肝シンチグラフィの視覚的評価時の白黒モニタとカラーモニタなどの画像表示系の設定条件の検討をフィルム系を含め総合的に行った。画像表示系ごとに、計数に対するモニタの輝度に変換するための7種類の変換曲線(キャリブレーションカーブ、CC)を用意した。モニタの輝度とフィルムの黒化度の関係を検討するとともに、この7種類のCCによって、123例の ^{99m}Tc-GSA 投与後5分～6分の1分間の肝シンチグラフィ画像を変換し(画像表示系ごとに861枚)、16人の観察者により、用意した5段階の基準に従い視覚的に分類した。モニタの輝度とフィルムの黒化度は正の相関を示し、両者のCCを一元化できた。フィルム系において傾斜4.2の至適CCが存在するのと同様に、白黒モニタとカラーモニタなどの画像表示系にも至適CCが存在し、両モニタとも約4.8の傾斜を持ったCCが血液生化学的肝機能検査値ならびにアシアロ肝シンチにより得られる肝機能の指標と最もよく相関した。

シンチグラフィを視覚的に評価するためには、他のシンチグラフィ検査にも画像表示系ごとに至適CCを準備することの必要性が示唆された。

(核医学 35: 281-292, 1998)

I. 緒 言

肝細胞のアシアロ糖タンパクレセプターと特異的に結合する ^{99m}Tc 標識ガラクトシル人血清アルブミンジエチレントリアミン五酢酸 (^{99m}Tc-GSA)^{1,2)} を用いた肝レセプターシンチグラフィ(以下、アシアロ肝シンチ)は、血液生化学的肝機能検査値とよく相関している^{3~6)}。アシアロ肝シンチによる肝機能の評価には、薬剤の肝集積の指標として LHL15³⁾、薬剤の血中消失の指標として HH15³⁾、心肝比⁵⁾、肝集積率⁷⁾、Extraction index⁸⁾

等がその指標として用いられている。しかし、これらの解析法はコンピュータによる解析を必要とし、臨床の場で簡便に使用できるとは言い難い。そのため日常診療の場では、専ら LHL15, HH15 がパラメータとして用いられているが、さらに簡便な方法として視覚的方法を加えて肝機能を評価しようとする試みがなされている^{5,6)}。この視覚的評価方法は、^{99m}Tc-GSA 投与後5分から6分までの1分間に収集される核医学画像の心臓と肝臓のコントラスト比を視覚的に4段階⁶⁾ または5段階^{4,5)} に分類したものである。

核医学画像は、画像処理装置に収集した画像を、video 信号またはデジタルデータとしてモニタあるいはレーザーイメージを介してフィルムに出力するため¹⁰⁾、これらの画像表示系がシステムとして持つキャリブレーションカーブ^{11,12)}(以下、CC)の設定に著しく影響を受け、設定条件に

* 久留米大学病院画像診断センター

受付：10年1月8日

最終稿受付：10年4月16日

別刷請求先：久留米市旭町67 (☎ 830-0011)

久留米大学病院 RI 臨床部門

河 村 誠 治

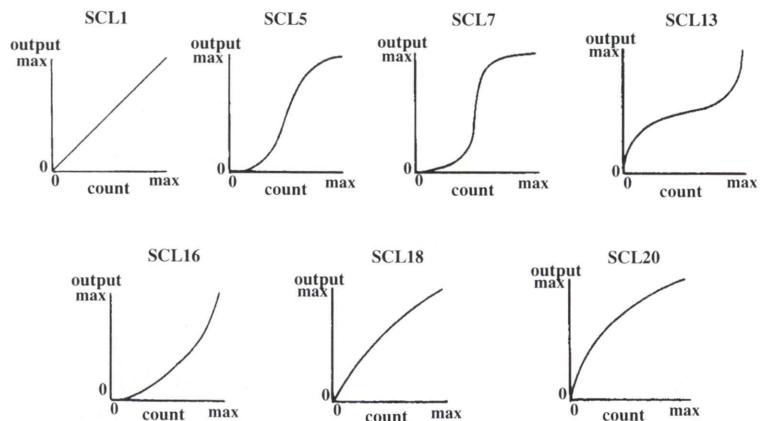
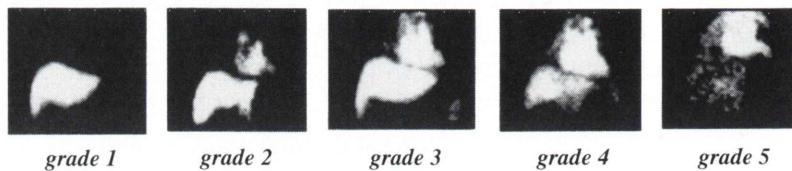


Fig. 1 Seven kinds of gradation curve and numerical formula in SCINTIPAC-700 were used in the present study. SCL-No. was given to each gradation curve.



grade 1: faint cardiac blood-pool image

grade 2: slight cardiac blood-pool image compared with liver uptake

grade 3: almost the same uptake of cardiac blood-pool image and that of liver uptake

grade 4: intense cardiac blood-pool image associated with possible liver uptake

grade 5: very slight liver uptake

Fig. 2 The representative image of each grade on the gray scale monitor.

よっては同一データが全く異なった画像となり、診断に影響を及ぼす。著者らは、フィルム系において肝機能と最もよく相関した画像を得るために適切なCCの傾斜を決定することが重要な課題となることをすでに報告した¹³⁾。しかし、肝機能を評価する際には、フィルム系のみでなく白黒モニタやカラーモニタなどの画像表示系のCCを変化させて出力された画像と肝機能との関係を検討することも重要である。

今回、肝機能と最もよく相関した白黒モニタ画像やカラーモニタ画像を得るために、それぞれの画像表示系について比較検討を行ったので報告する。

II. 対象および方法

1. 対象

1993年7月から1996年3月までにアシアロ肝シンチを施行した1,221例中から無作為に選択した123例を対象とした。性別の内訳は男性88例、女性35例であり、年齢は36-81歳、平均61±9.7歳であった。症例の内訳は、肝細胞癌23例、肝硬変と肝細胞癌との合併例63例、肝硬変16例、アルコール性肝炎1例、亜急性肝炎1例、食道癌3例、胃癌11例と、その他肝病変を全く認めない5例である。

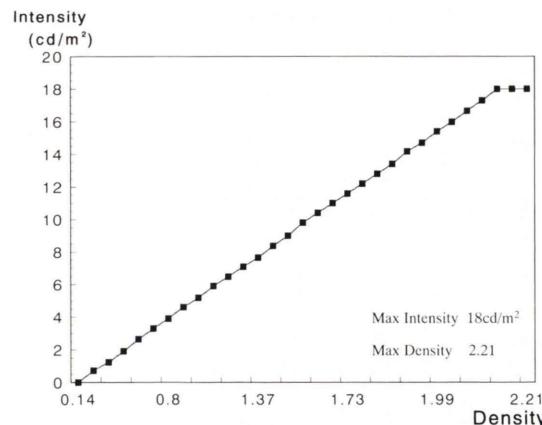


Fig. 3 The relationship between the density and the intensity is shown.

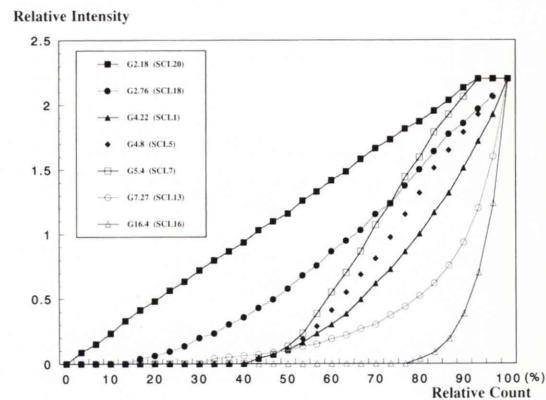


Fig. 4 Calibration curve of the system composed of nuclear medical data processor and the monitor.

Gray-scale Monitor



Color Monitor

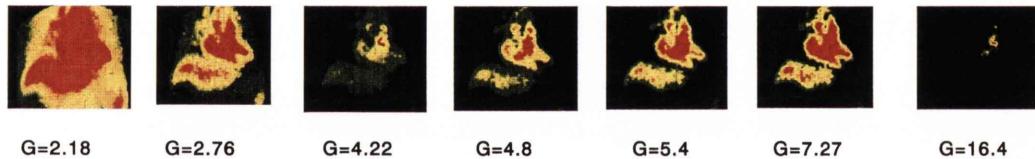


Fig. 5 Changes of an identical image upon image-outputting to various image display systems using 7 kinds of calibration curve of different slopes. The G indicates of slope of intensity (1.0) in the seven of CC.

2. データ収集法

データ収集は、^{99m}Tc-GSA (185 MBq/3 mg) を肘静脈から 20 ml の生理食塩水を用いてボーラスインジェクションを行った。静注直後より低エネルギー用高分解能コリメータを装着したガンマカメラシステム (島津製 ZLC-7500) を用いて、マトリックス 64×64、フレームタイム 60 秒の条件下、肝臓および心臓部のデータを核医学処理装置島津製 SCINTIPAC-700 (S-700) を用いて 30 分間

連続して収集した¹³⁾。

3. フィルムの黒化度とモニタの輝度の関係

S-700 の画像メモリにカウント/ピクセルが 0~300 カウントの間で 10 毎に変化した一連の 31 種類の画像を S-700 内蔵の画像処理ソフトを用いて人工的に作製した。この一連の画像を S-700 に内蔵され SCL18 (Fig. 1) で示される階調を用いてフィルムに出力し、フィルム上の画像の黒化度を PDA-81 (コニカ株式会社製) を用いて測定し、

Table 1 Changes of grade number every CC in two image display series

Gray scale monitor							
	G2.18 (%)	G2.76 (%)	G4.22 (%)	G4.8 (%)	G5.4 (%)	G7.27 (%)	G16.4 (%)
g1	32 (26)	13 (10.6)	57 (46.3)	55 (44.7)	57 (46.3)	55 (44.7)	86 (70)
g2	40 (32.5)	51 (41.5)	28 (22.8)	23 (18.7)	18 (14.6)	19 (15.4)	7 (5.7)
g3	39 (31.7)	54 (44)	14 (11.4)	21 (17.1)	25 (20.3)	30 (24.4)	6 (4.9)
g4	11 (8.9)	5 (4)	16 (13)	19 (15.4)	13 (10.6)	12 (9.8)	8 (6.5)
g5	1 (0.8)	0	8 (6.5)	5 (4.1)	10 (8.1)	7 (5.7)	16 (13)

Color monitor							
	G2.18 (%)	G2.76 (%)	G4.22 (%)	G4.8 (%)	G5.4 (%)	G7.27 (%)	G16.4 (%)
g1	27 (22)	17 (13.8)	57 (46.3)	56 (45.5)	60 (48.8)	60 (48.8)	82 (67)
g2	54 (44)	55 (44.7)	31 (25.2)	26 (21)	21 (17.1)	19 (15.4)	8 (6.5)
g3	21 (17.1)	38 (30.9)	7 (5.7)	15 (12.2)	18 (14.6)	23 (19)	3 (2.4)
g4	17 (13.8)	13 (10.6)	23 (18.7)	21 (17.1)	15 (12.2)	10 (8)	10 (8)
g5	4 (3.3)	0	5 (4)	5 (4)	9 (7.3)	11 (8.9)	20 (16.3)

横軸に S-700 の持つカウント値、縦軸にフィルム上の黒化度をプロットすることにより CC を得た。フィルムへの画像出力と同様に、白黒モニタ上に画像を出力し、モニタ上の画像の輝度を SPOTMETER F(ミノルタ株式会社製)を用いて測定した。フィルム上の画像の黒化度とモニタ上の画像の輝度の関係を、横軸に黒化度、縦軸に輝度をプロットすることにより得た。

4. 各種 CC を用いた画像表示系への画像の出力

前項の II-3 で作製した一連の画像を Fig. 1 に示す S-700 内蔵の 7 種類の階調 (SCL1, SCL5, SCL7, SCL13, SCL16, SCL18, SCL20) 毎に白黒モニタとカラーモニタに白黒画像として表示し、それぞれの輝度を前項の II-3 と同様に SPOTMETER を用いて測定した。横軸に S-700 の画像メモリの持つカウント値、縦軸にモニタ上の輝度をプロットし CC を得た。CC の傾斜を示す G は、フィルム系の CC の傾斜算出と同様に式 1¹³⁾ を用い算出した。

$$G = (D2 - D1) \times 100 / (C2 - C1) \quad (式 1)$$

ここで、C1 は輝度 1.0 に対する相対カウントから 10 を減算したカウント値、C2 は同様に 10 を加算したカウント値である。また、D1 と D2 は、それぞれ C1 と C2 に対応する輝度である。

5. CC の適用と各種画像表示系における視覚的 grade 分類

白黒モニタとカラーモニタに設定された 7 種類の CC を 123 例の肝シンチ画像にそれぞれ適用して白黒画像およびカラー画像を、それぞれの専用モニタに表示し、Fig. 2 に示す各 grade の代表的イメージと下記の定義⁵⁾に基づいて

grade 1 : 心プール像がごく軽度しか見えない。

grade 2 : 心プール像よりも肝集積が濃い。

grade 3 : 心プール像と肝集積が同程度。

grade 4 : 心プール像よりも肝集積が薄い。

grade 5 : 肝集積がきわめて薄い。

視覚的に 5 段階に grade 分類を行った。なお、視覚的評価に用いた肝シンチ画像は、フィルム系の評価¹³⁾と同様に ^{99m}Tc-GSA 投与後 5 分～6 分の 1 分間の積算画像の最高ピクセルカウントを 100% として正規化を行って表示した¹³⁾ ものである。

視覚的 grade 分類を、放射線科医 5 名、放射線管理担当者 1 名、診療放射線技師 9 名、臨床検査技師 1 名の合計 16 名により、モニタ表示された白黒画像ならびにカラー画像の 2 種類の画像表示系に対して行った。grade 分類は、観察者に LHL15 や HH15 等の定量値および診断名などの臨床情報は一切与えず、またお互いが協議することなく別々に行った。

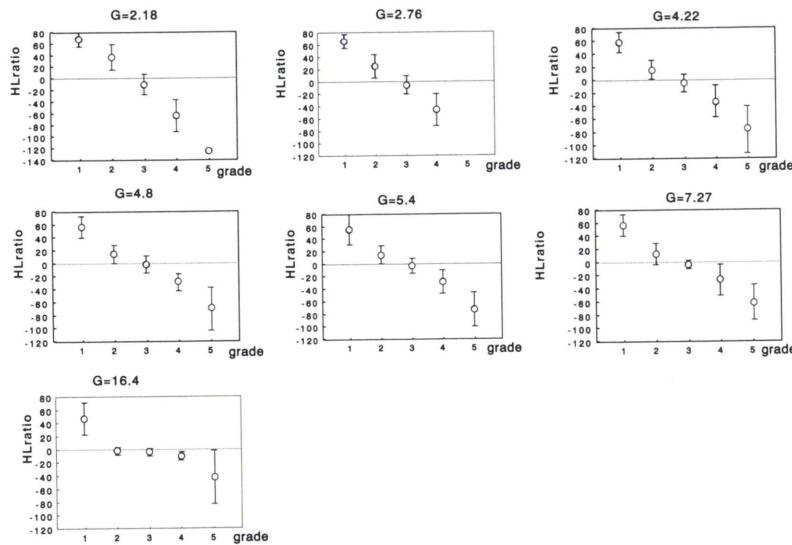


Fig. 6 Changes of HL ratio every CC in the gray scale monitor. HL ratio=(average pixel counts of liver – average pixel counts of heart)/average pixel counts of liver × 100.

6. grade と肝機能との統計学的検討

心臓および肝臓全体にそれぞれ関心領域 Region of interest (ROI) を設定し、時間放射能曲線を作製し、LHL15, HH15, 心肝比¹³⁾を算出した。前項の II-5 で求めた各 CC ごとの grade と LHL15, HH15, 心肝比、および生化学的検査である ICG-R15, PT, HPT との相関の検定は Spearman の順位相関係数を用いて行い、さらに各 grade 群間の ICG R15, LHL15 および心肝比の平均値の比較には一元配置分散分析を用いて行った。

III. 結 果

1. フィルムの黒化度とモニタの輝度の関係

フィルム上の画像の黒化度と、モニタ表示された画像の輝度の関係を Fig. 3 に示す。黒化度と輝度は、良好な直線関係を示した。

2. 出力画像と CC

白黒モニタとカラーモニタの白黒表示における輝度は直線関係を示すため S-700 と両モニタシステムの CC を Fig. 4 に示した。Fig. 4 の縦軸は、輝度を示し横軸はカウント値を示している。ここで、縦軸は最高輝度を 2.21 として正規化して表さ

れている。S-700 とモニタシステムの CC は、7 種類の階調によりそれぞれ異なった傾斜を示した。

3. 傾斜 (G) の異なる CC による白黒モニタおよびカラーモニタへの画像出力

同一データに対して 7 種類の CC を適用した時の画像表示系の画像の変化を Fig. 5 に示した。Fig. 5 の上段と下段は、それぞれモニタ上の白黒画像とカラー画像を示す。白黒画像では傾斜 2.76, 4.8, 5.4, 7.27 では心臓と肝臓をよく分離できるが、傾斜 2.18 では肝臓と心臓を分離できなかった。また、傾斜 16.4 では肝臓は消失し心臓のみが表示された。一方、カラー画像では傾斜 4.8, 5.4, 7.27 で心臓と肝臓をよく分離できるが、2.18, 2.76, 4.22, 16.4 では分離できなかった。16.4 では肝臓は消失し心臓のみが表示された。

4. 白黒モニタおよびカラーモニタに対して傾斜 (G) の異なる CC を用いた時の視覚的 grade 分類の変化

7 種類の CC を白黒モニタおよびカラーモニタに適用した時の視覚的 grade 分類の grade 個数の変化を Table 1 に、白黒モニタ画像とカラーモニタ画像に対する心肝比の grade 群間比較を、それ

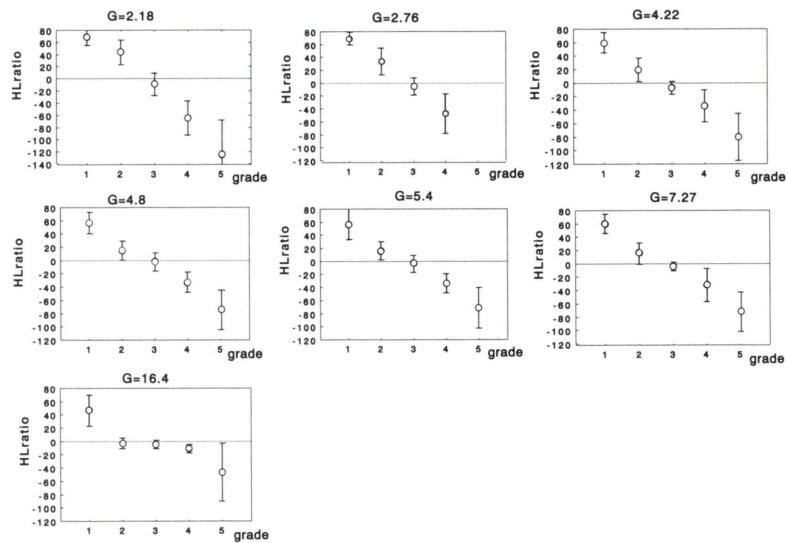


Fig. 7 Changes of HL ratio every CC in the color monitor. HL ratio = (average pixel counts of liver - average pixel counts of heart)/average pixel counts of liver $\times 100$.

Table 2 Grade for different slopes of calibration curve and their correlations to liver function indices (Spearman's rank correlation)

Gray scale monitor

	Heart/Liver ratio (Rs)	LHL15 (Rs)	HH15 (Rs)	ICG (Rs)	PT (Rs)	HPT (Rs)
G2.18	-0.853	-0.814	0.734	0.546	-0.665	-0.639
G2.76	-0.928	-0.873	0.737	0.62	-0.695	-0.708
G4.22	-0.913	-0.86	0.717	0.563	-0.658	-0.676
G4.8	-0.939	-0.875	0.739	0.673	-0.697	-0.704
G5.4	-0.936	-0.866	0.712	0.656	-0.686	-0.683
G7.27	-0.872	-0.851	0.71	0.579	-0.645	-0.637
G16.4	-0.765	-0.779	0.631	0.543	-0.524	-0.505

Color monitor

	Heart/Liver ratio (Rs)	LHL15 (Rs)	HH15 (Rs)	ICG (Rs)	PT (Rs)	HPT (Rs)
G2.18	-0.855	-0.776	0.677	0.608	-0.695	-0.614
G2.76	-0.862	-0.843	0.736	0.62	-0.68	-0.632
G4.22	-0.923	-0.853	0.742	0.664	-0.681	-0.701
G4.8	-0.943	-0.875	0.76	0.671	-0.732	-0.676
G5.4	-0.937	-0.869	0.745	0.626	-0.672	-0.651
G7.27	-0.93	-0.841	0.732	0.657	-0.653	-0.686
G16.4	-0.783	-0.787	0.639	0.56	-0.536	-0.527

LHL15 = $L_{15}/(H_{15} + L_{15})$, HH15 = H_{15}/H_3

Definition of HH15 and LHL15. H: heart ROI, L: Liver ROI

H_3 : counts in the heart ROI at 3 min, H_{15} : counts in the heart ROI at 15 min, L_{15} : counts in the liver ROI at 15 min

Table 3 Significant test for ICG differences among grade resulted from the slope change in calibration curve

Gray scale monitor

PLSD of Fisher	G2.18	G2.76	G4.22	G4.8	G5.4	G7.27	G16.4
level of significance: 5% ICG	p	p	p	p	p	p	p
g1 and g2	<0.05	<0.001	<0.01	<0.05	<0.01	<0.001	<0.05
g2 and g3	<0.001	<0.01	N.S.	<0.01	<0.01	N.S.	N.S.
g3 and g4	<0.01	N.S.	<0.01	<0.01	N.S.	N.S.	N.S.
g4 and g5	—	—	N.S.	<0.001	<0.01	<0.01	<0.05

Color monitor

PLSD of Fisher	G2.18	G2.76	G4.22	G4.8	G5.4	G7.27	G16.4
level of significance: 5% ICG	p	p	p	p	p	p	p
g1 and g2	N.S.	<0.01	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	<0.05
g2 and g3	<0.001	<0.001	N.S.	<0.05	<0.01	N.S.	N.S.
g3 and g4	<0.001	<0.05	N.S.	<0.05	N.S.	N.S.	N.S.
g4 and g5	N.S.	—	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Note: Grade 1 and Grade 2 were expressed as G1 and G2 and so forth

ぞれ Fig. 6 および Fig. 7 に示した。白黒モニタ画像では、傾斜 4.22, 4.8, 5.4, 7.27 で各 grade 分布の割合は類似していた。傾斜 2.18 および 2.76 では grade 1 と 2 および 3 に集中し、grade 5 の占める割合が 0.8% と他の傾斜と比較して少なかつた。傾斜 16.4 では、grade 1 と 5 の割合が増加し grade 2 と 3 および 4 の割合が低下した。カラー モニタ画像における、CC の傾斜ごとの各 grade 分布の割合は白黒モニタ画像と類似した傾向を示した。各 grade 群における心肝比の平均値を比較すると、両モニタ画像において、grade が大きくなるにつれ CC の各傾斜で心肝比の平均値は低下した。また、両モニタ画像における、CC の傾斜 16.4 では、grade 2 と 3 および 4 の心肝比の平均値は 0 に近い値を示した。

5. 白黒モニタとカラー モニタにおける各 CC ごとの grade と肝機能との相関の比較

白黒モニタ画像とカラー モニタ画像において、両画像とも CC の傾斜 4.8 の時、grade と肝機能との相関 (Table 2) は最も高い値を示した。白黒モニタ画像における肝機能との相関係数は、それぞれ -0.939, -0.875, 0.739, 0.673, -0.697,

-0.704 と強く相関した。同様にカラー モニタ画像においても相関係数は、それぞれ -0.943, -0.875, 0.76, 0.671, -0.732, -0.676 と強く相関した。

6. 一元配置分散分析を用いた各 grade 群間の ICG R15 の平均値の比較

白黒モニタとカラー モニタの CC を変化させた時の、ICG R15 における各 grade 群間の有意差を Table 3 に示した。白黒モニタ画像とカラー モニタ画像とともに、傾斜 4.8 において各 grade 群間で有意差を認めた。また、他の傾斜では、有意差を認める grade 群間はあるものの、Table 3 に示したすべての群間にわたる有意差を認めることはできなかった。

7. 一元配置分散分析を用いた各 grade 群間の LHL15 および心肝比の平均値の比較

白黒モニタ画像における grade 分類と LHL15 および心肝比では、傾斜 4.8 と 5.4 の時、すべての grade 群間で有意差を認めた (Table 4)。また、カラー モニタ画像では、傾斜 4.8 の時、すべての grade 群間で有意差を認めた。他の傾斜では、有意差を認める grade 群間はあるものの、Table 4 に

Table 4 Significant test for the differences in LHL15 and heart liver ratio among grade resulted from the slope change in calibration curve

Gray scale monitor

LHL15	G2.18	G2.76	G4.22	G4.8	G5.4	G7.27	G16.4
g1 and g2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01
g2 and g3	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	<0.05	N.S.
g3 and g4	<0.01	<0.001	<0.01	<0.05	<0.05	N.S.	N.S.
g4 and g5	—	—	N.S.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Heart/Liver ratio	G2.18	G2.76	G4.22	G4.8	G5.4	G7.27	G16.4
g1 and g2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
g2 and g3	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	N.S.
g3 and g4	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	N.S.
g4 and g5			N.S.	<0.01	<0.01	N.S.	<0.001

Note: G2.18 means that the slope of calibration curve is 2.18 and so forth. Grade 1 and Grade 2 were expressed as G1 and G2 and so forth

Color monitor

LHL15	G2.18	G2.76	G4.22	G4.6	G5.4	G7.27	G16.4
g1 and g2	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
g2 and g3	<0.001	<0.001	<0.01	<0.001	<0.001	N.S.	N.S.
g3 and g4	<0.001	<0.01	<0.01	<0.05	N.S.	<0.001	N.S.
g4 and g5	N.S.	—	N.S.	<0.05	N.S.	N.S.	<0.001
Heart/Liver ratio	G2.18	G2.76	G4.22	G4.8	G5.4	G7.27	G16.4
g1 and g2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
g2 and g3	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	N.S.
g3 and g4	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	N.S.
g4 and g5	N.S.	—	N.S.	<0.05	N.S.	N.S.	<0.001

Note: G2.18 means that the slope of calibration curve is 2.18 and so forth. Grade 1 and Grade 2 were expressed as G1 and G2 and so forth

示したすべての群間にわたる有意差を認めることはできなかった。

IV. 考 察

アシアロ肝シンチにより得られた画像を、白黒モニタおよびカラーモニタなどの画像表示系を用いて視覚的 grade 分類を行う際には、フィルム系において grade と肝機能とが最も強い相関を示す至適 CC が存在する¹³⁾のと同様にモニタ系にも最適な CC が存在した。また、モニタの輝度とフィルムの黒化度は強く相関しているため両者の傾斜特性を一元化して表現できた。白黒モニタ画像およびカラーモニタ画像では CC の傾斜が 4.8 の

時、視覚的 grade は LHL15, HH15, 心肝比および ICG R15 などとの間に最も強い相関を示した。

アシアロ肝シンチにおける grade 分類は、^{99m}Tc-GSA 投与後 5 分～6 分の 1 分間の画像に表示された心臓と肝臓のフィルム上の黒化度差、またはモニタに表示された画像を視覚的に 4 段階あるいは 5 段階に分類して行われている^{5,6)}。視覚的判定を行う際に、最も問題となるのは読影者間での grade の一致率と同一読影者における再現性である。これに関して、大園⁵⁾および河ら⁶⁾は、読影者間での grade の一致率は 92.5% 以上および grade 分類の κ テストを用いた一致率と再現性^{14,15)}は、それぞれ 0.88, 0.87 以上を示しており、視覚的

grade 分類は変動がきわめて少なく、再現性に優れた指標であると報告している。

画像表示系は、CC の設定により異なる特性を有するため、同一の画像が異なって表示されることがある。例えば、S-700 の階調を 7 種類に変化させ白黒モニタに出力すると、CC も Fig. 4 に示すように 7 種類に変化し、同じカウントを持つ画像が Fig. 5 の上段に示すように白黒モニタ上で 7 種類に表現されるため、設定如何では診断に影響を及ぼすと考えられる。このようなことから、画像表示系における適切な CC の決定は重要な課題である。しかし、各種画像表示系における CC の変化と肝機能との相関を検討した論文は、著者らが行ったフィルム系に対する文献¹³⁾以外は見あたらない。CC の傾斜は、医用画像の最適黒化度である 1.0¹⁶⁾(モニタでは輝度 1.0)を中心とする傾斜^{17,18)}で表されている¹³⁾。この傾斜は、X 線撮影系における画像表示系である“フィルム＋スクリーン”システムなどの画像コントラストを表す γ ¹⁹⁾に相当する。また、フィルムの黒化度とモニタの輝度の関係は、Fig. 3 に示すように強い相関があるため、本論文の Fig. 3 に示されているモニタ系の最高輝度である 18 cd/m²を、同じく Fig. 3 に示されているフィルム系における最高黒化度の 2.21 を用いて正規化することにより、フィルムとモニタのように異なるシステム間の CC は一元的に検討できた。

Fig. 6 と Fig. 7 に示すように、CC の傾斜が 4.22, 4.8, 5.4, 7.27 では、grade が高くなるのに伴い、心肝比¹³⁾の平均値は徐々に低い値を示した。この心肝比は、肝機能が良好な時はよりプラスの値、低下するほどよりマイナスの値を示し、各 grade 群は心肝比をよく反映した。

白黒モニタ画像およびカラーモニタ画像において傾斜 4.22 では grade の上昇に伴い心肝比の平均値は徐々に低い値を示す傾向ではあるが、grade 3 の症例数が 11% (14/123) と他の傾斜と比較して少なくなった。これは、フィルム系における CC の傾斜 4.0 と同様に CC の傾斜が輝度 1.0 以上で急峻であるため、心臓と肝臓のコントラストが大き

くなったことが原因¹³⁾と考えられる。傾斜 16.4 では grade が 1 と 5 に偏り、心肝比に応じた肝機能を分離することができていない。これは、フィルム系における CC の傾斜 14.9 と同様に CC の傾斜が大きく画像コントラストが高いため¹³⁾と考えられ、傾斜 16.4 は臨床には適さない。傾斜 2.76 では、grade は 2 と 3 に集中し、肝機能を 5 段階に分離できていない。これは、フィルム系における CC の傾斜 2.79 と同様に傾斜 2.76 の CC は、極端に傾斜が緩やかであり、コントラストが低下したため¹³⁾と考えられる。また、白黒モニタ画像およびカラーモニタ画像において、CC ごとの grade の分布 (Table 1) は、傾斜が 2.18 と小さい時は grade 2 と 3 の割合が増加し、反対に傾斜が 16.4 と大きい時は grade 1 と 5 の割合が増加するなどフィルム系と同様¹³⁾の傾向を示した。このように、モニタ系とフィルム系は同様の傾向を示しており、CC の傾斜が、モニタやフィルムなどの画像表示系を問わず、grade 分類に影響を及ぼすと考えられた。

アシアロ肝シンチ画像は ICG R15 を指標として、その正当性が検討される^{3~5)}。白黒モニタ画像とカラーモニタ画像において、傾斜 4.8 の時が grade と各肝機能との相関 (Table 2) は最も高かった。白黒モニタ画像とカラーモニタ画像における grade と ICG R15 の相関 (Table 2) は、傾斜 4.8 の時に白黒モニタ画像 $Rs=0.673$ 、カラーモニタ画像 $Rs=0.671$ と最も相関が高かった。これは、傾斜 4.8 の時のアシアロ肝シンチ画像が ICG R15 を最もよく反映することを示している。傾斜 4.8, 5.4, 7.27 は Fig. 4 に示されているように CC の形状および傾斜が比較的類似しているため、grade と肝機能との相関も Table 2 に示すようにそれぞれに近い値を示した。また、傾斜 2.76 において相関が $Rs=0.62$ と強くなるのは、フィルム系における CC の傾斜 2.79 と同様に相対カウントで約 36 から約 80 と比較的広い範囲にわたって、カウントと黒化度の関係が直線に近いため¹³⁾と考えられる。しかし、傾斜 2.76 の場合 grade 1 と 2 間の有意差は認められるが、白黒モニタ画像では

grade 3と4間, カラーモニタ画像ではgrade 4と5間の有意差は認められない。また, Table 1よりgrade が2と3に集中するため5段階分類には傾斜2.76は適していない。

白黒モニタ画像およびカラーモニタ画像と肝機能との相関は, 傾斜4.8で最も強くなった。一方フィルム系では, CCの傾斜4.2の時に画像と肝機能の相関は最も強くなっている¹³⁾。このように, 画像と肝機能の相関が最も強くなる傾斜をモニタとフィルムで比較すると, モニタの傾斜の方が高い値を示した。モニタ表示された画像は読影時の最大輝度がフィルムと比較して低い欠点がある²⁰⁾。これは画像信号の再生域の低さ, つまりモニタではフィルムより描出範囲が若干劣ることを意味している^{21,22)}。また, フィルムとモニタ画像間のgradeと肝機能の関係より, モニタのCCの傾斜はフィルムより高めに設定し, コントラストを高める必要があると考えられた。

視覚的grade分類において重要なことは, 肝機能に応じて各gradeが有意に分離されていることである。CCの傾斜を変化させた時の, 各grade群間の有意差をICG R15とLHL15および心肝比について検討し, 有意差の面から最適な傾斜を考察した。白黒モニタ画像では, 傾斜4.8, 5.4の時, LHL15と心肝比においてすべての群間にわたり有意差を認め, さらに傾斜4.8の時, ICG-R15ですべての群間にわたり有意差を認めた。カラーモニタ画像では, 傾斜4.8でLHL15と心肝比およびICG R15においてすべての群間にわたり有意差を認めた。また, 心肝比と比較してLHL15およびICG R15で有意差を認めないgrade群間が白黒モニタ画像とカラーモニタ画像の双方で多くなっている。これは, フィルム系でも認められた¹³⁾が, LHL15とICG R15は, それぞれ^{99m}Tc-GSA投与後15分の心臓と肝臓のカウントから算出された値であることおよび試薬を静注15分後の血中ICG濃度を測定した値であることが影響していると述べている¹³⁾。

モニタ表示された画像は, 前述したように最大輝度がフィルムより低い欠点を有する²⁰⁾ものの,

CCの最適設定を行うことにより核医学画像を読影するまでの問題はないと考えられた。このことは, 核医学におけるモニタ診断の有用性, すなわち Picture archiving and communication system (PACS)^{9,23)}への適用およびリアルタイム画像処理による診断能の向上^{9,23)}が可能であることを示している。一方, カラーモニタ画像は, ラジオアイソotopeのわずかな取り込みの差をあたかも明らかな差があるかのように表示できる利点を有する²⁴⁾と同時に, 微妙な取り込みの差を白黒グレースケール画像のように表示できない欠点を合わせ持っている²⁴⁾。今回の視覚的評価においても, 心プール像よりも肝集積が薄い中等度から高度の肝障害を示す症例であるgrade 4と5の評価を行う上で肝臓と心臓の集積差を同定しづらい等の問題が生じた。しかし, 肝機能との相関においてカラーモニタ画像とフィルムおよび白黒モニタとの差を認めることができなかつたのは, 5段階分類という比較的少ない分類であったためと考えられる。微妙な取り込みの差を読影する必要がある場合は, フィルムまたは白黒モニタ画像を用いCCの傾斜を最適に設定する必要がある²⁵⁾と考えられ, カラーモニタ画像を使用する場合は注意が必要である。

以上の検討より, 白黒モニタとカラーモニタを用いた際のCCの傾斜は4.8前後の時が, gradeとLHL15, HH15, 心肝比および肝機能とは最も高い相関を示し, かつ各grade群間で有意差が認められた。

白黒モニタやカラーモニタに表示されたアシアロ肝シンチ画像は, フィルム系における報告¹³⁾と同様にそのCCにより画像が変化し, 視覚的評価に影響を及ぼすことを指摘できた。視覚的grade分類を行う際には, CCの傾斜が肝機能との相関を左右し診断に影響を及ぼすため, 肝機能と最も強い相関を示すCCを各種画像表示系ごとに設定し使用する必要がある。また, 今回のCC設定法は, 異なる画像表示系において, それを意識することなく読影を行うことを可能とし, 他の核医学検査およびX線撮影系におけるデジタル画像を

表示する時も応用でき診断能向上に寄与できる。このことは、PACS を用いてモニタ診断を行う際に非常に重要となる。

なお、他のシンチグラム検査の画像表示においても最適 CC の検討が必要と考えられる。

謝辞：稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました早渕尚文主任教授（画像診断センター部長）に深甚なる謝意を捧げます。また、ご指導、ご校閲をいただきました森田誠一郎教授に感謝いたします。研究の遂行に当たり討論ならびにご校閲をいただきました梅崎典良助教授、大園洋邦先生に心より感謝申し上げます。討論をいただいた石橋正敏助教授に感謝申し上げます。Grade 分類の実験にご協力いただきました放射線医学講座の先生方、画像診断センターの中嶋法忠技師長をはじめ診療放射線技師諸兄ならびに中央臨床検査部の浮池俊憲氏に深謝いたします。

本研究は平成 7 年度文部省科学研究費補助金（奨励研究（B））課題番号 07922074 の助成を受けた。

文 献

- 1) Stowell CP, Lee YC: The Binding of D-Glucosyl-neoglycoprotein to the Hepatic Asialoglycoprotein Receptor. *J Biol Chem* **253**: 6107-6110, 1978
- 2) Hnatowich DJ, Layne WW, Childs RL: The Preparation and Labeling of DTPA-Coupled Albumin. *Int J Appl Radiat Isot* **33**: 327-332, 1982
- 3) 鳥塚莞爾、河 相吉、工藤正俊、北川真一、久保田佳嗣、田中敬正、他：新しい肝機能イメージング剤 ^{99m}Tc-GSA の第 2 相臨床試験。核医学 **29**: 85-95, 1992
- 4) 鳥塚莞爾、河 相吉、工藤正俊、久保田佳嗣、山本和高、伊藤和夫、他：新しい肝機能イメージング剤 ^{99m}Tc-GSA の第 3 相臨床試験。核医学 **29**: 159-181, 1992
- 5) 大園洋邦：^{99m}Tc-GSA シンチグラフィによる肝機能の視覚的評価—Grade 分類に関する研究—。核医学 **33**: 935-942, 1996
- 6) 河 相吉、甲田勝康、西田卓郎、菅 豊、田中 敬正、是枝ちづ、他：^{99m}Tc-GSA 肝シンチグラフィの視覚的評価—読影者間変動、読影者内変動の検討—。核医学 **33**: 1-7, 1996
- 7) Koizumi K, Uchiyama G, Arai T, Ainoda T, Yoda Y: A new liver functional study using Tc-99m DTPA-galactosyl human serum albumin: Evaluation of the validity of several functional parameters. *Ann Nucl Med* **6**: 83-87, 1992
- 8) 橋本 順、石橋章彦、梶谷敏朗、栗原孝至、深水 良哉、北洞哲治、他：^{99m}Tc-GSA による肝機能評価—Extraction Index を用いての検討—。核医学 **31**: 1093-1100, 1994
- 9) 大西英雄：画像情報通信のあり方と問題点。日本放射線技術学会雑誌 **47**: 2078-2083, 1991
- 10) (社)日本アイソトープ協会医学・薬学部会核医学イメージング規格化専門委員会：ガンマカメラによるデジタル画像の表示・記録に関する指針。RADIOISOTOPES **43**: 36-42, 1994
- 11) 上田克彦、杜下淳次、藤川津義、大塚昭義、藤田 広志、山内秀一、他：コンピューテッドラジオグラフィの特性曲線の測定（I）。医用画像情報学会雑誌 **5**: 52-59, 1988
- 12) 杜下淳次、藤川津義、坂本 清、上田克彦、大塚昭義、藤田広志、他：コンピューテッドラジオグラフィの特性曲線の測定（II）。医用画像情報学会雑誌 **6**: 25-33, 1989
- 13) 河村誠治、梅崎典良、川田秀道、松藤次雄、蓑原亨、中嶋法忠、他：^{99m}Tc-GSA 肝シンチグラフィの視覚的評価に影響を及ぼすキャリブレーションカーブの検討。日本放射線技術学会雑誌 **53**: 1517-1524, 1997
- 14) Cohen J: A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educ Psychol Meas* **20**: 37-46, 1960
- 15) Seigel DG, Podgor MJ, Remaley NA: Acceptable Values of Kappa for Comparison of Two Groups. *Am J Epidemiol* **135**: 571-578, 1992
- 16) 濱田國雄：核医学イメージングにおける問題点とその対応。日本放射線技術学会雑誌 **43**: 40-47, 1987
- 17) 藤田広志、杜下淳次：デジタルラジオグラフィの画像評価。藤田広志編、(社)日本放射線技術学会放射線医療技術業書 7、京都、1994, pp. 15-19
- 18) 藤田広志、遠山坦彦：Picture Archiving Communication System 画像の保管・管理システム。藤田広志編、(社)日本放射線技術学会 放射線医療技術業書 4、京都、1990, pp. 54-67
- 19) 西原貞光、大塚昭義：放射線受光系の特性曲線。小寺吉衛編、(株)医療科学者、東京、1994, pp. 23-32
- 20) Computed Radiography 入門 臨床医に必要な基礎知識。草野正一編、(株)医学書院、東京、1995, pp. 183-184
- 21) Jackson PC: Nuclear Medicine Applications to Surgery. In Rhys Davies E, Thomas WEG eds., Castle House Publications Ltd., Tunbridge Wells, 1988, p. 25
- 22) 長谷川伸：画像処理産業応用総覧（上巻）—基礎・システム技術編—。江尻正員編、(株)フジ・テクノシステム、東京、1994, pp. 14-21
- 23) 増田一孝：核医学検査情報の管理と通信システ

- ム. 日本放射線技術学会雑誌 **47**: 2090-2092, 1993
- 24) Sorenson JA, Phelps ME: Physics in Nuclear Medicine, Second Edition, Grune & Stratton, Inc., Orlando, 1987, pp. 107-114
- 25) 藤田 透: SPECT 法とその画像修飾因子. 日本放射線技術学会雑誌 **49**: 936-947, 1993

Summary

Assessment of the Various Image Display Systems Affected to the Visual Analysis Using 99m Tc-GSA Liver Scintigraphy

Seiji KAWAMURA

Center for Diagnostic Imaging, Kurume University Hospital

The aim of this study was to evaluate the physical performance for the gray-scale monitor and the image display system of the color monitor with the films using the visual analysis of the liver scintigraphy by 99m Tc-DTPA-galactosyl-human serum albumin (GSA).

The seven kinds of calibration curves (CC) were applied to convert into both the counts of the density of the films and the intensity of the monitors. The relationship between the intensity and density was evaluated in the 123 patients suspected with hepatic dysfunction. The liver scintigraphy images of 1-minute duration from five to six minutes after administration of 99m Tc-GSA were converted according to the seven kinds of CC (861 images per image display system). These images were visually classified by the 16 observers following the five-point scoring system

arranged beforehand.

The intensity of monitors and the density of films showed positive correlation. Thus the CC for both the intensity and the density was centralized. The CC obtained by the present study was suitable for both monitors and films, respectively. The CC, which had the slope of approximately 4.8 for the monitor and 4.2 for the film, showed a good correlation between the indices of liver functions obtained from the biochemical liver function tests and from the 99m Tc-GSA liver scintigraphy.

Data suggest that the suitable CC in the three sets of image display system may contribute to the other scintigraphy as well as 99m Tc-GSA liver scintigraphy, evaluating the scintigraphy using the visual analysis.

Key words: 99m Tc-GSA, Liver, In vivo, Radio-pharmaceuticals, Visual analysis, Grade classification.