

Title	Gd-DTPA造影効果の把握のためのカラー合成画像の臨床応用
Author(s)	周藤, 裕治; 玉川, 洋一; 堀, 郁子 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(10), p. 1240-1246
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19854
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Gd-DTPA 造影効果の把握のためのカラー合成画像の臨床応用

1) 鳥取大学医学部放射線科, 2) 福井医科大学放射線科, 3) 同 学長

周藤 裕治¹⁾ 玉川 洋一²⁾ 堀 郁子¹⁾
太田 吉雄¹⁾ 石井 靖²⁾ 鳥塚 莞爾³⁾

(平成2年12月5日受付)

(平成3年2月7日最終原稿受付)

Clinical Trial of Color-Hybrid Images for Assessment of Gd-DTPA Contrast Enhancement

Yuji Suto¹⁾, Yoichi Tamagawa²⁾, Ikuko Hori¹⁾, Yoshio Ohta¹⁾,
Yasushi Ishii²⁾ and Kanji Torizuka³⁾

¹⁾Department of Radiology, Tottori University School of Medicine

²⁾Department of Radiology, ³⁾President, Fukui Medicine School

Research Code No. : 505.9, 520.9

Key Words : MR imaging, Gd-DTPA contrast study,
Color image, Bone and soft tissue lesion,
Gynecological lesion

Gd-DTPA (Gd) has been shown to provide effective contrast enhancement in MR imaging. However, it is sometimes impossible to evaluate Gd contrast enhancement (C.E.) in high intensity tissues like fat and bone marrow. To solve this problem, color-hybrid images (hybrid images) were generated by the use of an RGB mixing method. A total of 54 lesions, including 30 bone and soft tissue lesions and 24 gynecological lesions, were studied.

In most cases, the hybrid images were superior to the original ones in terms of both morphologic and temporal evaluation of Gd C.E. The hybrid images helped to define the localization and extent C.E., by providing better visualization through the use of color display.

序 論

ガドペンテト酸メグルミン (Gd-DTPA) は、Magnetic Resonance Image (MRI) 用造影剤として汎用されているが^{1)~3)}、一般に T₁強調画像において脂肪、骨髄等の background が高信号を示す組織中の造影効果の把握は困難なことが多い。我々は、赤緑青加色法⁴⁾⁵⁾(Red, Green, and Blue additive color mixture method: RGB 加色法)を用いて、造影部位のみをカラー表示する方法を開発してきた⁶⁾⁷⁾。その方法では次の a) b) c) の3つの画像処理の段階によりなっていた。a) 造影前後の T₁強調画像のサブトラクション像 (subtrac-

tion image)の作製, b) サブトラクション像に階調処理を加え、造影前の画像と加算する hybrid image の作製, c) hybrid image と造影前の画像を RGB 加色法によって合成するサブトラクション合成像 (subtracted synthetic image) の作製である⁷⁾。この方法は、造影部位を強調したカラー画像を作製できるが、画像処理が3つの段階にわたったり、処理時間が長い欠点があった。そこで我々は画像処理をより平易にしたカラー合成画像 (color-hybrid image) を作製し、骨軟部疾患28症例 (30病変)、婦人科疾患22症例 (24病変) の50症例 (54病変) に対して臨床応用を行い、画像処理

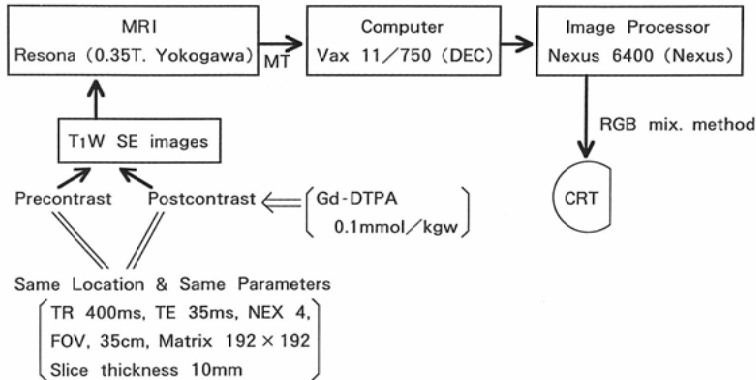


Fig. 1 Flow chart of the image processing.

を行わない原画像（造影前後の T_1 強調画像）と対比し、その有用性の可能性を検討した。

方 法

1) 画像処理

横河超電導型 MRI 装置 Resona（静磁場強度 0.35T）にて、Gd-DTPA (Magnevist：日本シエリング社) を 0.1mmol/kg 静注した。造影前後の T_1 強調画像を、同一部位、同一撮像条件 (TR=400 msec, TE=35msec, 平均加算回数 4, matrix 192×192, Field of View (FOV：データ収集関心領域) 35cm, slice 厚 10mm, continuous multislice) にて撮像し、得られた画像データを磁気テープ (MT) を介して computer system Vax 11/750 (DEC) に取り込み、画像処理装置 Nexus 6400 (柏木製作所) のイメージメモリー (512×480×8 bit×64枚) に再構成し、表示した。Fig. 1 は撮像から画像作製までの Flow chart を示している。

Fig. 2 のごとく、造影後の画像をイメージメモリーの R (red) の 256 階調で表示し、造影前の画像を同様にそれぞれ G (green) と B (blue) の輝度階調で表示し、3 画像を各点において加法混色 (RGB 加法) を行った。得られたカラー合成像では、Gd-DTPA の造影されない部位は通常の白黒イメージとして表示され、造影部位のみ赤の階調 (256 段階) で表示され、造影の程度は赤色の濃さに反映される。

2) カラー合成画像と原画像との比較

a) 対象

骨軟部疾患 28 症例 (30 病変)、婦人科系骨盤部疾患 22 症例 (24 病変)、合計 50 症例 (54 病変) に対して上記の画像処理を行った。症例の内訳は、骨軟部腫瘍 18 例 (転移性骨腫瘍 6 例、骨肉腫 4 例、脂肪肉腫 3 例、類骨腫 2 例、類腱腫 1 例、悪性神経線維肉腫 1 例、脂肪腫 1 例)、骨壊死 5 例、骨髄炎 4 例、four compartment syndrome 1 例、子宮頸癌 5 例、卵巣癌 5 例、卵巣良性腫瘍 4 例、絨毛性疾患 2 例、子宮筋腫 2 例、子宮体癌 2 例、その他 2 例である。

b) 検討方法

1) 病変の造影効果の有無の把握、2) 骨髄、脂肪等の T_1 強調画像にて高信号を示す組織に囲まれた病変の造影部位の境界の把握、3) 造影効果の時間的経過の把握。以上の 3 点について、造影前後の T_1 強調画像 (原画像) とカラー合成像を比較検討した。

比較は 3 人の MRI 専門の放射線科医の合議により、A：カラー合成画像が原画像よりすぐれたもの、B：同等のもの、C：劣っていたものの 3 群に分類した。また病変の造影効果の検出能に関しては、カラー合成画像のみ有効であったものを A 群の中で A* 群と定義した。

結 果

造影部位の検出能については骨軟部疾患では、30 病変中 24 病変 (80.0%)、婦人科疾患に対して 24 病変中 19 病変 (79.2%) が A 群であった。

高信号を示す組織と造影部位との境界の把握は、骨軟部疾患では 30 病変中 27 病変 (90.0%)、婦

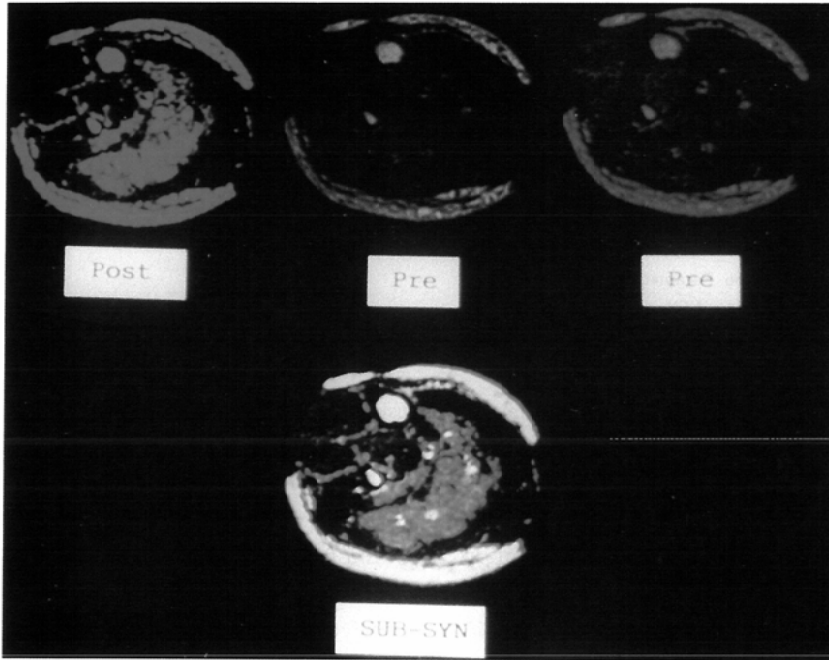
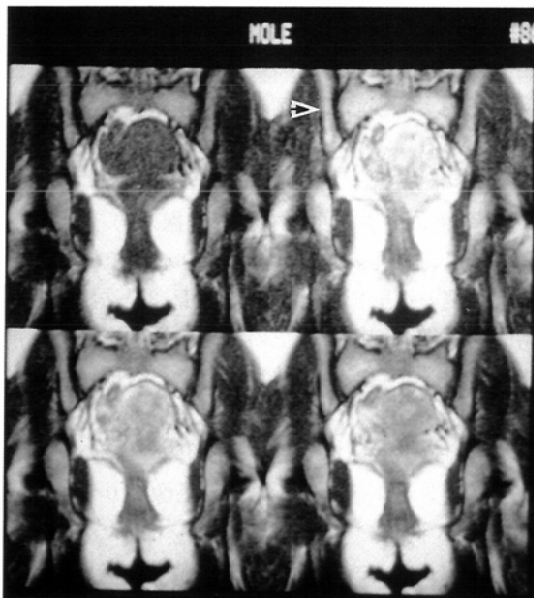


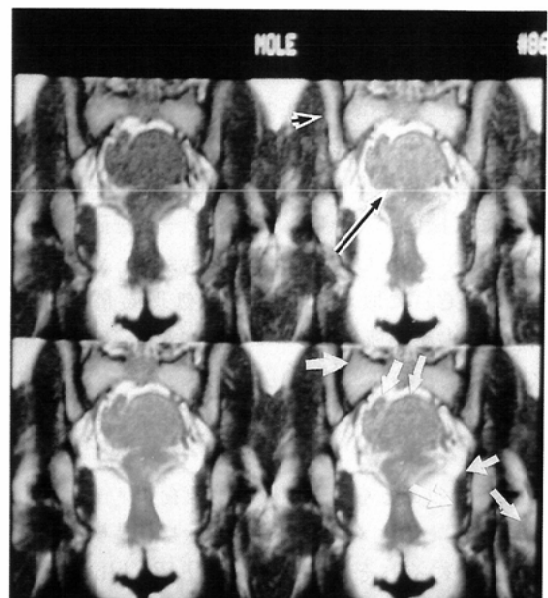
Fig. 2 Four compartment syndrome (30-year-old male)

upper left: postcontrast image (red memory), upper middle: precontrast image (green memory), upper right: precontrast image (blue memory), bottom: color-hybrid image

After superposition of upper three images, color-hybrid image is generated. Contrast enhanced areas are visible in red on color-hybrid image.



a



b

Fig. 3 Hydatid mole (31-year-old female)

3-a: original T_1 w images, 3-b: color-hybrid images

On the top left, the precontrast T_1 w images are shown and postcontrast sequential T_1 w images taken every 5 min up to 10min after Gd-DTPA injection, are demonstrated on the top right, the bottom left, the bottom right, respectively. The contrast enhancement of the tumor are clearly visible in red (black arrow). In particular, the contrast enhancement of iliac bone marrow are seen more clearly by the colorhybrid images than by the originals (arrowheads). Yellow arrows show the misregistration artifact.

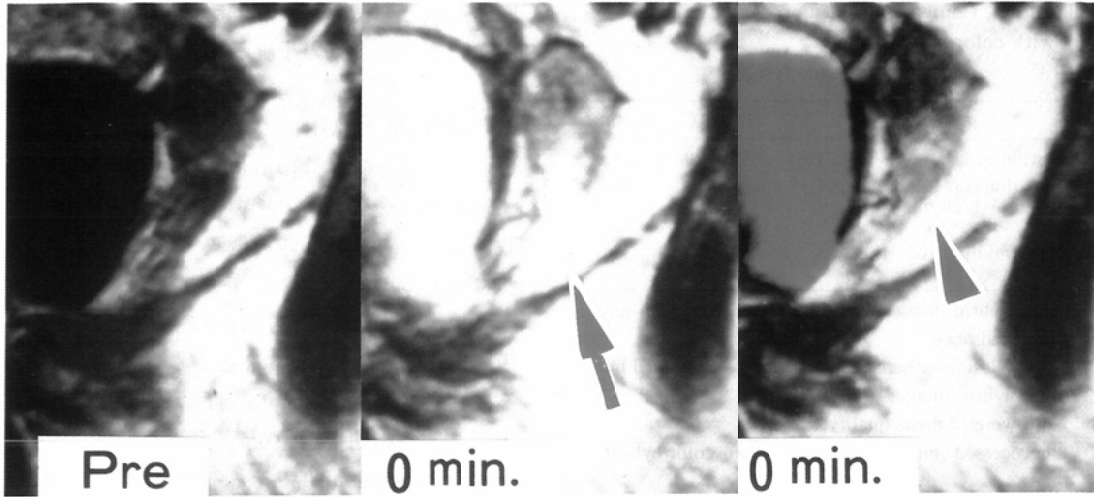


Fig. 4 Cervical cancer (60-year-old female)

left : precontrast T_1w , middle : postcontrast T_1w , right : color-hybrid image

There are small enhanced tumors in the posterior lip of the uterine cervix. However, the delineation of the tumor is not clearly visible because of the adjacent fat on the original postcontrast image (arrow). Color-hybrid image is superior to the original one in respect of tumor delineation (arrowhead).



Fig. 5 Desmoid tumor (50-year-old male)

left : precontrast T_1w , middle : postcontrast T_1w , right : color-hybrid image

C.E. of the popliteal tumor is clearly visible in red (arrow). In particular, the color-hybrid image is superior to the original one in detectability of small enhanced tumor (arrowhead).

人科疾患については24病変中20病変(83.3%), A群であった。

造影効果の時間的経過の把握については、骨軟部疾患30病変中25病変(83.3%), 婦人科疾患では24病変中17病変(70.8%), A群であった。

全症例ともC群は認められなかった。造影部位の検出能に関しては、骨軟部疾患では30病変中4病変(13.3%), 婦人科疾患では24例中3症例

(12.5%)がA*群であった(Table 1, 2)。

症例供覧

症例1. 31歳, 胞状奇胎。

Fig. 3aは原画像, Fig. 3bはカラー合成画像であり, 両画像において左上段は造影前, 右上段, 左下段, 右下段の順番に造影直後, 5分後, 10分後の像を示している。

両画像とも骨盤内の腫瘍部の造影効果は明らか

Table 1 Comparison of unprocessed images with color-hybrid ones
—bone & soft tissue lesion—

	A(A*)	B	C	Total
1. Detection of C.E.	24(6)	6	0	30
2. Delineation of C.E. surrounded by high intensity tissue	27	3	0	30
3. Understanding of the time course of C.E.	25	5	0	30

A: Color-hybrid images were much better than unprocessed ones.

(A*): The lesions where Gd-C.E. could be evaluated by color-hybrid images exclusively.

B: Both were of same quality.

C: Unprocessed images were better than color-hybrid ones.

C.E.: Contrast enhancement

Gd: Gd-DTPA

Table 2 Comparison of unprocessed images with color-hybrid ones
—Gynecological lesions—

	A(A*)	B	C	Total
1. Detection of C.E.	19(3)	5	0	24
2. Delineation of C.E. surrounded by high intensity tissue	20	4	0	24
3. Understanding of the time course of C.E.	17	7	0	24

であるが、腸骨骨髓内の造影効果の把握については、原画像では不明である。カラー合成画像では容易に把握できた。

症例2. 60歳, 子宮頸癌。

Fig. 4. 左側は造影前, 中央は造影直後の T₁強調画像, 右側は同時相のカラー合成画像である。

両画像とも, 子宮後唇部に造影効果の著しい腫瘤を指摘できるが, カラー合成画像では原画像に比して造影された腫瘤と周辺脂肪組織との境界の把握が容易となった。

症例3. 50歳, 類腱腫。

Fig. 5 左側は造影前, 中央は造影5分後の T₁強調画像, 右側は同時相のカラー合成画像を示している。

膝窩部に不均一に造影される腫瘤が認められる。カラー合成画像では, 造影された腫瘤と周辺

脂肪組織との境界がより鮮明であり, 原画像では困難であった上方の小腫瘤を検出できた。

考 察

Gd-DTPA は MRI 用造影剤として汎用されているが, 脂肪, 骨髄等の background が高信号を示す領域での造影効果の把握は一般に困難である。我々はこのような問題を解決するため, RGB 加色法によるカラー合成像を作製した。

この方法では赤, 緑, 青の3原色が等輝度で混色されると白色になることを利用したものである。造影後の画像を赤の輝度階調 (red scale) で表示し, 造影前の画像を青と緑の輝度階調 (blue scale, green scale) でそれぞれ表示し, これらの3画像を加法混色すれば, 造影されない部位は3色が等輝度で混合されるため, 白色つまりコントラストがグレースケールで表示され, 造影部位のみ赤の階調で表現される。

造影部位のみ把握するには, 造影前後の画像の差をもとめる, いわゆる subtraction 像でもよいが, この画像では造影前の情報が完全に消失してしまい, 造影部位の解剖学的位置関係の把握が困難となる。

我々のカラー合成画像では, 加算画像であるので, 造影前の画像もグレースケールで残存し, しかも造影部位をカラーで表現され, 造影部位の解剖学的把握が容易になるとともに, 造影部位をより明瞭に視覚上の連続スケールとして表現できる。

RGB 加色法を利用した MRI の合成画像の報告は少なく⁷⁻⁹⁾, しかも Gd-DTPA の造影効果の評価にこの方法を使用した報告は我々をのぞいてない⁷⁾。

我々の最初の報告⁷⁾では, 序論で述べたように画像処理を3段階にわたって行っており1つの合成画像の作製に30~40分を要したが, 今回の方法では RGB の3つの画像の単純な加算像であるので, 処理時間が約15分と短縮され, この方法でも造影部位を原法と同様に明瞭にカラー表現できた。

我々は骨軟部疾患と婦人科疾患の50症例についてカラー合成像を作製し, その臨床的有用性を検

討したが、全症例ともカラー合成画像が造影効果の把握が同等以上であり、特に原画像で明らかにされない脂肪、骨髄等の T₁強調画像にて高信号を示す組織中の造影効果の評価がカラーにすることで明瞭となった。

このような脂肪組織中あるいはその周辺の造影効果の評価に chemical shift image にて脂肪を抑制する報告もあるが¹⁰⁾¹¹⁾、グレースケールよりカラー階調の方がより明瞭に多くの情報が表現できると思われる。

中枢神経系に対する Gd-DTPA の有用性は明白であり、カラー合成画像を作製せず、コントラストのよい画像が得られるため、今回は対象から除外した。

骨軟部では、症例1の骨髄内の造影効果の有無の判定、症例3の上方の小腫瘍の検出など脂肪、骨髄等の高信号を示す組織内の造影効果の把握が原画像では困難な例がしばしばみられること、体動によるアーチファクトが少ない部位であることより、カラー合成画像の最適部位と思われる。

骨盤部では一般に T₂強調画像の有用性が高いが、S/N 比が低く、病巣と周囲臓器との境界の把握は困難なことが多い。Gd-DTPA による造影 MRI は T₁強調画像に比して S/N 比が高く明瞭な画像が得られるが、欠点として病変部と周辺脂肪組織との境界が不鮮明な症例も認められる。しかし、カラー合成画像ではもともとなる画像が T₁強調画像であるため S/N 比が高く、かつ造影部位のみ赤色で表現されるため、周辺脂肪組織との境界が合成画像1枚で症例2のように明瞭となる。このことより、カラー合成画像は病変の stage 分類に有用性が高いと思われるが、症例数も少なく、今後の検討課題である。

一般に骨盤部は、上腹部に比べて呼吸性移動が少ないが、この部位での合成画像作製の問題点として misregistration artifact があげられる。我々の方法では、造影前の情報は青と緑の和、つまり水色に表示され、造影後の情報は赤に表示されるため、合成画像の misregistration artifact は、水色、赤が不規則に混在した像になったり、3色の和の部分（造影部位は赤、造影されない部位は白

黒のグレースケール）の辺縁が、水色と赤で縁どられた像となる (Fig. 3b: 黄矢印)。しかし、このような misregistration artifact は、画像装置のブラウン管上の pixel shift により補正が可能である。具体例をあげると、Fig. 3b の造影10分後の像 (下段右) は pixel shift をほどこしていない画像であり、上記のようなアーチファクトが認められる。造影直後の像 (上段右) は、pixel shift のほどこしてある画像であり、造影された子宮の病巣 (黒矢印) 辺縁には、はっきりしたアーチファクトがなく、良好なカラー合成画像が得られている。

最近 Gd-DTPA の dynamic study による tissue characterization の研究がなされているが、カラー合成像を経時的に並べれば、time intensity curve を使用せず、症例1のような骨髄中の Gd-DTPA の時間的把握が視覚的にとらえられる。

結 語

本法は Gd-DTPA の有用性を高め、その適応の拡大に寄与できる可能性をひめている。

本論文の要旨の一部は第75, 76回北米放射線医学会 (RSNA '89 & 90) において発表した。

文 献

- 1) Weinmann HJ, Brasch RC, Press WR, et al: Characteristics of gadolinium DTPA complex: A potential NMR contrast agent. *AJR* 142: 619-624, 1984
- 2) Gadian DG, Payne JA, Bryant DJ, et al: Gadolinium DTPA as a contrast agent in MR imaging-theoretical projections and practical observation. *J Comput Assist Tomogr* 9: 242-251, 1985
- 3) Weimann HJ: Contrast media for magnetic resonance imaging—An over view with special emphasis on Gd-DTPA. *日独医報* 30: 721-730, 1985
- 4) 佐藤義雄: 入門グラフィックス. アスキー出版, 東京, 1984, p. 68-70
- 5) Foley JD, Dam AV; 今宮淳美 訳: コンピュータグラフィックス, 日本コンピュータ協会, 東京, 1964, p621-621
- 6) 周藤裕治, 玉川洋一, 松田 豪, 他: Gd-DTPA 使用例での MRI サブトラクションの評価, *日磁医誌*, 8(S-2): 257, 1988
- 7) Suto Y, Tamagawa Y, Matsuda T, et al: Subtracted synthetic images in Gd-DTPA enhanced MR. *J Comput Assist Tomogr* 13: 925

- 928, 1989
- 8) 秋葉英成, 森田和夫, 玉川光春, 他: MRI の新しいカラー合成表示, 日磁医誌, 8: 81—87, 1988
 - 9) 平石久美子, 久田洋一, 宇都宮啓太, 他: 脊椎脊髄領域の MRI-RGB 合成画像の有用性, 日磁医誌, 9(S-1): 247, 1988
 - 10) Bannon KR, Martin P, Weinreb JC, et al: Gd-DTPA contrast-enhanced fat suppressed three dimensional fourier transform imaging of the intrnal auditory canal: Comparison with standard spin echo technique. Radiology 173(P): 222, 1989
 - 11) 小倉祐子, 片田和広, 安野泰史, 他: 頭部領域における Gd-DTPA を使用した水脂肪分離画像の臨床応用について, 日磁医誌, 10(S-1): 276, 1990
-