

Title	頭頸部脂肪抑制核磁気共鳴画像における病変に酷似した脂肪抑制不良アーチファクト
Author(s)	安西, 好美; Robert, B.Lufkin; 蓑島, 聡 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1994, 54(1), p. 1-7
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15680
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

頭頸部脂肪抑制核磁気共鳴画像における 病変に酷似した脂肪抑制不良アーチファクト

安西 好美^{1),2)} Robert B. Lufkin²⁾ 藁島 聡¹⁾
石原真木子³⁾ 宇野 公一¹⁾ 油井 信春³⁾ 有水 昇¹⁾

1) 千葉大学医学部放射線医学教室

2) カリフォルニア大学ロサンゼルス校放射線医学教室

3) 千葉県立がんセンター核医学診療科

Fat Suppression Failure Artifacts at the Susceptibility Interface on Frequency Selective Fat Suppression MR imaging in the Head and Neck

Yoshimi Anzai^{1),2)}, Robert B. Lufkin²⁾,
Satoshi Minoshima¹⁾, Makiko Ishihara³⁾,
Kimiichi Uno¹⁾, Nobuharu Yui³⁾
and Noboru Arimizu¹⁾

Fat suppression MR imaging is a valuable technique mainly used for the orbit, head and neck, and spine, where the high signal from fat can often obscure adjacent pathology. Fat suppression failure artifact manifested as a high signal area without geographic distortion. The purpose of this study was to investigate the frequency and common location of these artifacts in clinical MR imaging and to caution against their misinterpretation. Fat suppression MR imaging of the head and neck was performed in 30 consecutive patients. The artifact was found in the orbital floor (57%), the skull base (10%), and subcutaneous fat (10%), where the air-fat interface is parallel to the static magnetic field direction. The fat

signal in the air-fat interface perpendicular to the static magnetic field was well suppressed. This artifact was independent of the duration of TE, frequency/phase encoding direction, and the strength of gradient amplitude, and appeared to be related to the amount of surrounding air. This may simulate pathology if fat suppression is only performed following Gd-DTPA administration. The radiologist should be aware of the presence of artifact by considering the geographic relation to the static magnetic field.

はじめに

脂肪抑制核磁気共鳴画像（以下脂肪抑制画像）は、脂肪と水の信号を識別可能で、化学シフトアーチファクトを減少させ、画像診断上有用な撮影法である。脂肪抑制画像は特に病変が脂肪で囲まれた領域、たとえば眼窩、頭頸部、脊椎等で広く用いられ、またガドリニウムとの併用も病変の検出に有用であると報告されている¹⁾⁻⁴⁾。

一般に脂肪抑制画像と呼ばれているものの中には、水と脂肪の化学シフトによる前飽和パルスを用いた方法⁵⁾⁻¹²⁾、水と脂肪の位相の違いを用いた方法¹³⁾⁻¹⁷⁾、T1緩和時間の短い組織の信号を抑制する方法¹⁸⁾⁻²⁰⁾、周波数方向のgradientを変化させる方法^{21),22)}などがある。周波数選択的前飽

Research Code No. : 504.9

Key words : Fat suppression MR imaging, Artifact,
Head and neck

Received Feb. 23, 1993; revision accepted Apr. 26, 1993

1) Department of Radiology, Chiba University School of Medicine / 2) Department of Radiological Sciences, University of California, Los Angeles School of Medicine / 3) Department of Radiology, Division of Nuclear Medicine, Chiba Cancer Institute

和パルスによる脂肪抑制画像（以下、周波数選択的脂肪抑制画像）は、一般に用いられているスピンエコー法を僅かに修飾するだけで、撮影後の画像処理の必要もなく、臨床上広く普及している方法の1つである。特に、Gd-DTPA造影と組み合わせる周波数選択的前飽和パルスによる脂肪抑制画像は、通常のT1、T2、Gd造影後のT1強調画像では描出困難な病変が検出可能であるといわれている¹⁾⁻³⁾ (Fig. 1)。しかし、頭頸部領域の周波数選択的脂肪抑制画像において、局所的な脂肪抑制不良が高信号領域として認められ病変に酷似した所見を示すことに気づいた。従って、今回はこれらの脂肪抑制不良アーチファクトの好発部位、頻度、原因等を検討し、読影の際の注意点等を考察したので報告する。

対象と方法

対象は1991年1月から1992年1月までにカリフォルニア大学及び千葉県立がんセンターで、脂肪抑制画像を施行された30症例である。年齢は10-71歳（平均46歳）、男性14例女性16例であ



Fig. 1 A patient who had history of right maxillary sinus cancer now presents with numbness of the right side cheek.

T1 weighted Fat suppression image following Gd-DTPA administration shows perineural extension of squamous cell carcinoma along the inferior orbital nerve (arrow). T2 weighted and post Gd T1 weighted images demonstrated diffuse mucosal thickening of the right maxillary sinus and failed to demonstrate the presence of perineural extension.

る。17例（頭頸部腫瘍、脳腫瘍など）では生検、手術などにより病理診断が得られており、残りの13例（多発性硬化症、てんかん、神経痛等）は臨床症状及び放射線学的検査から診断がなされた。

使用装置はGE社製SIGNA（1.5 T）で、撮像法としては通常のT1（600-650/20/2、TR/TE/NEX）、T2強調画像（2000/80-100/1）、T1強調周波数選択的脂肪抑制画像を全症例に行い、15例にてGd-DTPAの静注後のT1強調周波数選択的脂肪抑制画像を追加した。

脂肪抑制不良アーチファクトと診断した基準はさきに報告したファントム実験の結果に基づき^{2),3)}、a) 本来脂肪組織が存在する部位にのみ局限していること、b) 脂肪組織に隣接して空気が存在すること、c) MR検査施行後1年以上経過観察し腫瘍性病変が臨床状否定されている、の3点とした。

結 果

脂肪抑制不良アーチファクト（以下アーチファクトと略す）は、眼窩の下壁（特に上顎洞と接した眼窩内側）に沿った脂肪が30症例中17例（57%）、頭蓋底の脂肪髓が3症例（10%）、オトガイ下、鎖骨上窩の皮下の脂肪組織が3症例（10%）で高信号に描出され、脂肪抑制不良アーチファクトを呈した（Table 1）。アーチファクトは静磁場方向に沿って空気と接した脂肪領域に、幾何学的な歪みをもたない高信号領域として認められた（Fig. 2）。臨床症例においては、上顎洞の頭蓋側に存在する眼窩下壁の脂肪や（Fig. 3）、蝶形骨洞と気道にはさまれた斜台の脂肪髓が（Fig. 4）、脂肪抑制画像にて高信号の領域として描出された。アーチファクトは、いずれの撮像方向においても、常に静磁場方向に沿った空気と脂肪の境界領域に出現した（Fig. 5）。静磁場方向に直交した周波数方向や位相方向に沿って空気と隣接している脂肪の信号は十分に抑制されていた。上顎洞に接した眼窩下壁のアーチファクトが認められた17症例中11症例では程度の差はあるものの両側に認められ、残り6症例では、脂肪抑制不良は

Table 1 Summary of the fat suppression failure artifacts

Case	Age/Sex	Location of artifacts
1	64/M	BOF
2	36/F	BOF
3	55/M	BOF
4	70/F	BOF
5	67/M	BOF
6	72/F	BOF
7	64/F	BOF
8	63/M	BOF
9	13/M	BOF+Skull base
10	31/M	BOF+Skull base
11	68/F	BOF+Skull base
12	20/F	UOF
13	71/M	UOF
14	49/F	UOF
15	10/M	UOF
16	5/M	UOF
17	57/F	UOF+Submental fat
18	70/M	Submental fat
19	64/F	Supraclavicular fat

BOF: Bilateral Orbital Floor

UOF: Unilateral Orbital Floor

一側性に描出された。一側性アーチファクトが生じた6症例の内3例では反対側に上顎洞炎が認められ、粘膜の腫脹及び浸出液の貯留により含気量が著明に低下しており (Fig. 6), 2例は網膜芽

腫、横紋筋肉腫にて眼球摘出が行われており、義眼周囲の脂肪が高信号として局所的に認められた (Fig. 7)。このことから、脂肪抑制不良アーチファクトの発現には、隣接する副鼻腔の空気の量と静磁場方向との位置関係が、強く関連しているものと推定された。

考 察

一般に広く普及しているプロトン MRI において、その信号に主として関与しているのは水と脂肪である。水と脂肪は共鳴周波数に 3.3 ppm の相違を持ち、これは 1.5 Tesla の MRI 装置にて約 230 Hz に相当する。このわずかな周波数の相違を利用して、両者の信号を識別することが可能である。生体のほとんどの病変は水の含有量が増加しており、脂肪に囲まれた領域において、脂肪の信号を低下させることで病変の検出能を向上させることができる。これが脂肪抑制核磁気共鳴画像が開発され臨床応用されるようになった背景である。

今回脂肪抑制画像で認められた脂肪抑制不良が眼窩の下壁、内側の脂肪領域や頭蓋底の脂肪髄に限局して出現したことは、静磁場方向に沿った空気と脂肪の境界領域にのみこのアーチファクトが生じる、と先に報告したファントム実験の結果と

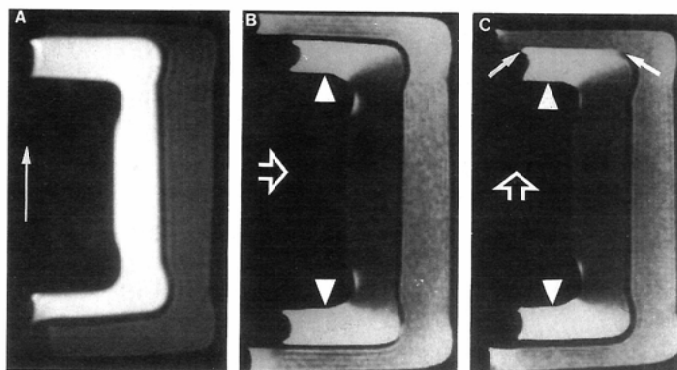


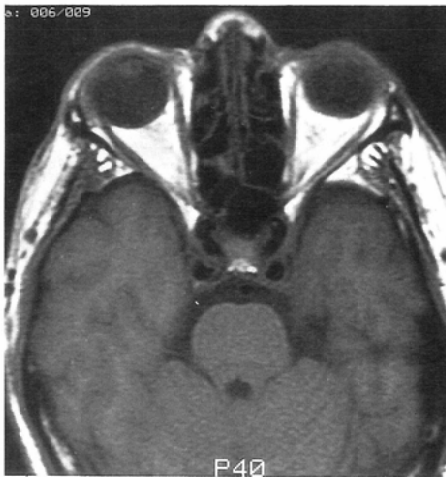
Fig. 2 T1 weighted SE (A), fat suppression T1 weighted images (B,C) of the phantom. The phantom consists of three different size container, filled with air, vegetable oil, and water from inner to outer respectively. The static magnetic field direction is indicated as long arrow (A), each frequency encoding direction is indicated as open arrow in B and C. Notice that fat along static magnetic field direction remains high signal (arrow head in B and C). The extension of this artifact is independent of frequency encoding direction. Notice chemical shift misregistration artifacts seen in the fat-water interfaces along frequency encoding direction (arrow in C).



(A) High signal area in the right orbit was incidentally noted on non Gd fat suppression image (arrow). This is one of the common area of this artifact. Notice that subcutaneous fat and fatty marrow within the sphenoid wing are well suppressed (arrow head).



(A) Non Gd fat suppression image shows bilateral high signal within the orbit (arrow head).



(B) T1 weighted image of the same slice as (A) for comparison

Fig. 3 Case 8: A 63 year-old man who had history of nasopharyngeal cancer treated with radiation therapy. MRI examination was performed for routine follow-up.



(B) Slightly higher slice than (A) in the same patient demonstrates a well defined high signal area in the skull base (arrow), which was just below the large sphenoid sinus.

Fig. 4 Case 11: A 68 year-old woman presented with unilateral hearing loss. MRI was performed to rule out acoustic neuroma.



Fig. 5 Case 4. A 70 year-old woman who has 3 years history of multiple sclerosis. MRI was performed to rule out optic nerve involvement.

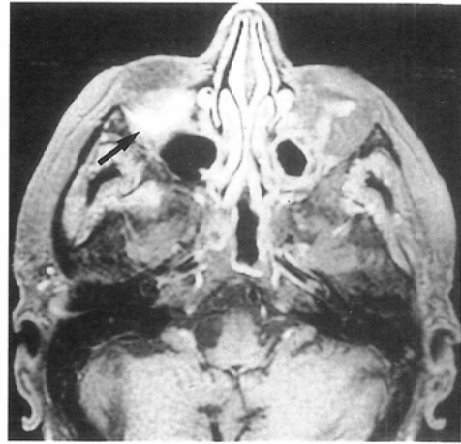
T1 weighted coronal fat suppression image shows bilateral high signal intensity at the orbital floor (arrow). This is the most common area where fat suppression failure is noted.

一致していた^{2),3)}.

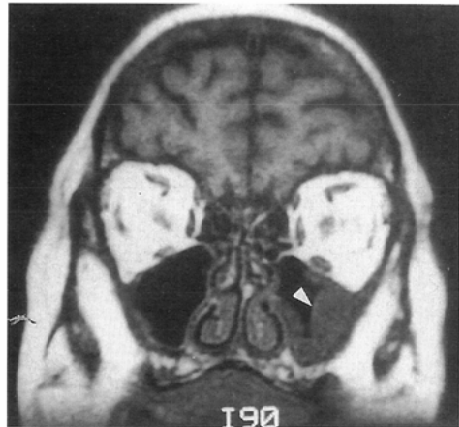
オトガイ下や鎖骨上窩の皮下脂肪にアーチファクトが出現した理由は、これら被写体の輪郭が急峻に変化する部位では、静磁場方向（被検者の cranio-caudal direction）に沿って皮下脂肪と周囲の空気との間に susceptibility interface を形成するためと思われた。

生体のほとんどの組織は静磁場下で陰性の susceptibility をもつ (diamagnetic) が、空気の susceptibility は限りなく 0 に近く、両者の接する領域では magnetic susceptibility に相違が生じる (susceptibility interface)。今回のアーチファクトの原因は、susceptibility interface に発生する局所的な磁場の不均一が内因性の傾斜磁場を生み、脂肪の周波数が変化し、前飽和パルスの周波数との間にズレが生じることで発生するものと推定された。アーチファクトの広がり、周波数や位相方向、TE の長さ、gradient amplitude、コイルの中心からの距離等にまったく依存していなかった^{2),3)}。また、いずれの撮像方向（横断、冠状断、矢状断）にてもアーチファクトは出現した。

眼窩内や頭蓋底に生じるアーチファクトは被写



(A) Post Gd fat suppression image demonstrates the presence of artifacts in the right orbit (arrow). No artifact, however, is noted in the left.

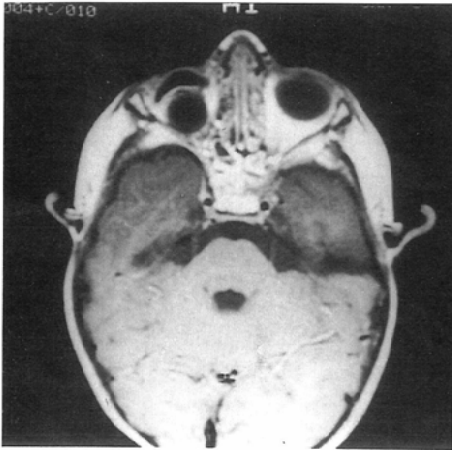


(B) T1 weighted coronal image shows mucosal thickening of the left maxillary sinus (arrow head), resulting in relatively small amount of air in the left compared to the right. This causes unilateral fat suppression failure.

Fig. 6 Case 17: A 57 year-old woman who had a parasellar mass and presented with optic atrophy

体の内部の susceptibility interface に発生するもので、現段階で予防措置はないが、オトガイ下や鎖骨状窩の皮下脂肪に出現するアーチファクトは必要であれば水袋を置くことなどで解消可能である¹⁾。

一般に gradient echo 法で認められる magnetic susceptibility artifact は、幾何学的歪みをもつ著明な低信号領域として描出され、TE、周



(A) T1 weighted image shows the presence of artificial eye on the right.



(B) Non-Gd fat suppression image demonstrates fat suppression failure just below the artificial eye (arrow), where significant amount of air exits.

Fig. 7 Case 18. A 5-year-old boy who was status post enucleation of right eye for retinoblastoma

波数方向、及び gradient amplitude に依存しており、susceptibility interface の rapid spin dephasing によって生じる点など²⁵⁾⁻²⁷⁾、今回認められた脂肪抑制不良アーチファクトとは発生する場所は類似するものの、アーチファクトの性質や機構が異なるものである。

近年では、検査時間の短縮を目的にガドリニウム注入後のみに fat suppression MRI が施行されることも少なくない。この場合、今回報告したアーチファクトはガドリニウムによって造影された

病変と非常に紛らわしく、特に一側性にのみ認められた場合誤った診断を導く恐れがある。この際、高信号に描出された部位と周囲に存在する空気との位置関係を考慮し、T2強調画像における信号強度などを含めて検討することで、真の病変か否かを判断する必要がある。

今回は頭頸部、眼窩領域を中心にアーチファクトの発生する頻度と部位を検討したが、脂肪と空気の配置と静磁場方向の関係で、軀幹部の他の領域でも(肺や腸管の空気と隣接する脂肪)発生しうる。

頭頸部は空気と骨と軟部組織で構成された解剖学的に複雑な領域である。従って脳神経領域に比べて空気と他の生体組織間に発生する magnetic susceptibility artifact は著明な画像の劣下を来すことが多く、これが頭頸部において gradient echo 法が普及されにくい原因になっている。今回報告したように、spin echo 法を修飾した周波数選択的脂肪抑制画像においても susceptibility interface に脂肪抑制不良アーチファクトが認められ、頭頸部の MRI を読影する際、放射線診断医が注意をしなければならない1つであると思われた。

結 語

1. 頭頸部脂肪抑制 MR 画像 30 症例にて、脂肪抑制不良アーチファクトの発生する頻度、好発部位を検討した。

2. 脂肪抑制不良アーチファクトは眼窩、頭蓋底、オトガイ下、鎖骨上窩などに認められ、いずれも MR 装置の静磁場方向に沿って脂肪と空気が接する領域にのみ存在した。

3. アーチファクトの発生には隣接する空気の量が強く関係しているものと推定された。

4. 臨床検査において、Gd 造影後のみ脂肪抑制画像が行われた場合、今回のアーチファクトが造影された病変と紛らわしく読影上注意が必要である。

文 献

- 1) Simon JH, Szumowski J. Chemical shift imaging with paramagnetic contrast material enhance-

- ment for improved lesion depiction. *Radiology* 171: 539-543, 1989
- 2) Barkos JA, Dillon WP, Chew WM. Orbit, skull base, and pharynx. Contrast enhanced fat suppression MR imaging. *Radiology*, 179: 191-198, 1991
 - 3) Tien RD, Chu PK, Hesselink JR, Szumowski J. Intra-and paraorbital lesions: Value of fat suppression MR imaging with paramagnetic contrast enhancement. *AJNR*, 12: 245-253, 1991
 - 4) Tien RD, Hesselink JR, Chu PK, Szumowski J. Improved detection and delineation of head and neck lesion with fat suppression spin echo MR imaging. *AJNR* 12(1): 19-24, 1991
 - 5) Maudsley AA, Hilal SK, Perman WH, Simon HE. Spatially resolved high resolution spectroscopy by four dimensional NMR. *J Magn Reson* 51; 147-153, 1983
 - 6) Bottomley PA, Foster TH, Leue WM. Chemical imaging of the brain by NMR. *Lancet* 1; 1120-1123, 1984
 - 7) Hasse A, Frahm J, Hanicke W, Matthaei, D. 1 H NMR chemical shift selective (CHESS) imaging. *Phys Med Biol* 4: 341-344, 1985
 - 8) Dumoulin CL. The application of multiple-quantum technique for the suppression of water signals in 1 H NMR spectra. *J Magn Reson* 64: 38-46, 1985
 - 9) Axel L, Dougherty L. Chemical shift selective magnetic resonance imaging of multiple line spectra by selective saturation. *J Magn Reson* 66; 189-194, 1985
 - 10) Keller PJ, Hunter WW, Schmalbrock P. Multisection Fat-water imaging with chemical shift selective presaturation. *Radiology* 164; 539-541, 1987
 - 11) Frahm J, Hasse A, Hanicke W Matthaei D, et al: Chemical shift selective MR imaging using a whole body magnet. *Radiology* 156: 441-444, 1985
 - 12) Rosen BR, Wedeen VJ, Brady TJ. Selective saturation NMR imaging. *JCAT* 8; 813-818, 1984
 - 13) Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging. *Radiology* 153: 189-194, 1984
 - 14) Kunz D. Double pulse echoes: A novel approach for fat-water separation in magnetic resonance imaging. *Magn Reson Med* 3; 639-643, 1986
 - 15) Szumowski J, Plewes DB. Separation of lipid and water MR imaging signals by Chopper averaging in the time domain. *Radiology* 165: 246-250, 1987
 - 16) Yeung HN, Kormos DW. Separation of true fat and water images by correcting magnetic field inhomogeneity in situ. *Radiology* 159: 783-786, 1989
 - 17) Szumowski J, Eisen JK, Vintski S, Haake PW, et al: Hybrid methods of chemical shift imaging. *Mag Reson Med* 9: 379-388, 1989
 - 18) Bydder GM, Young IR. MR imaging: Clinical use of the inversion recovery sequence. *J Comput Assist Tomogr* 9: 659-675, 1985
 - 19) Dwyer AJ, Frank JA, Sank VJ, Reinig JW, et al: Short TI inversion-recovery pulse sequence: analysis and clinical experience in cancer imaging. *Radiology* 168: 827-836, 1988
 - 20) Atlas SW, Grossman RI, Hackey DB, Goldberg HI, et al: STIR imaging of the orbit. *AJR* 151: 1025-1030, 1988
 - 21) Axel L, Glover G, Pelc N. Chemical shift magnetic resonance imaging of two-line spectra by gradient reversal. *Magn Reson Med* 2; 428-436, 1985
 - 22) Twieg DR, McKinnon GC. Multiple output chemical shift imaging (MOCESI): a rapid method for chemical shift imaging and localized moderate resolution NMR spectroscopy. *Magn Reson Imaging* 4: 118, 1986
 - 23) Anzai Y, Lufkin RB, Jabour BA, Hanafee WN. Fat suppression failure artifacts simulating pathology on frequency selective fat suppression MR images of the head and neck. *AJNR*, 13: 879-884, 1992
 - 24) Chew WM, Shimakawa A, Tsuruda J, Dillon WP, et al: The effects of bulk magnetic susceptibility on fat saturated images ASNR abstract p 101, 1990
 - 25) Ludeke KM, Roschmann P, Tichler R. Susceptibility artifacts in NMR imaging. *Magn Reson imaging* 3: 329-343, 1985
 - 26) Czervionke LF, Daniels DL, Wehrli FW, Mark LP, et al: Magnetic susceptibility artifacts in gradient-recalled echo MR imaging. *AJNR* 9: 1149-1155, 1988
 - 27) Schick RM, Wismer GL, Davis KR. Magnetic susceptibility effects secondary to out-of-plane air in fast MR scanning *AJNR*, 9: 439-442, 1998