

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

映像情報 Medical (2007.09) 39巻10号:940～943.

【乳腺MRI】乳癌における高b値拡散強調像の有用性の検討

長沢研一、高橋康二、稲岡努、山田有則、平沼初音、佐久
間明洋、佐々木智章、油野民雄

乳癌における高b値拡散強調像の有用性の検討

旭川医科大学 放射線科

長沢研一／高橋康二／稲岡 努／山田有則
平沼初音／佐久間明洋／佐々木智章／油野民雄

はじめに

拡散強調像は中枢神経系（特に急性期脳血管障害）でその有用性は確立されているが¹⁾、近年、軀幹部においても拡散強調像が応用され^{2, 3)}、乳腺疾患においても多数の報告がある⁴⁻⁸⁾。これまで乳腺疾患においては、b値500～1,000s/mm²が用いられているが、最適なb値を検討した研究は少ない。また、機器および撮像法の進歩により、更なる高b値での撮像も可能となっている。今回、われわれは乳癌症例において複数のb値拡散強調像を撮像し、高b値拡散強調像の有用性を検討した。

方法

対象は、2006年2～10月の間に拡散強調像を撮影し、その後手術が施行、乳癌と確定診断がついた34例（平均54±13歳）。MRIはGE社製excite 1.5T、乳腺用サーフェイスコイル（4ch）を使用。撮像sequenceはSpin-echo EPI拡散強調像（Sensitivity encodingを使用）にて、b値=100s/mm²（TR/TE/NEX=6,000/36.5/4）、b値=500s/mm²（同=6,000/53.8/8）、b値=1,000s/mm²（同=6,500/64.7/8）、b値=1,500s/mm²（同=8,000/72.4/8）を撮像、FOV=350mm、Slice thickness=5mm、Flip angle=90°、echo train length=1、Bandwidth=1,953.12Hz、Matrix=128×128、自由呼吸下で撮像時間は1:44～2:00であった。

検討項目は、①病変および正常乳腺のsignal-to-noise ratio (SNR)、②病変と正常乳腺とのcontrast-to-noise ratio (CNR)を、それぞれのb値で求め平均値を比較検討、CNRに関してはb値ごとに統計学的検討をした（paired sampled t-test）。SNR、CNRの算出式は次のとおり。

$$(1) \text{SNR}_{\text{ROI}} = \text{SI}_{\text{ROI}} / \sigma$$

*SI_{ROI} = 対象領域（病変、正常乳腺）のsignal intensity、 σ = background信号値の標準偏差

$$(2) \text{CNR} = |\text{SI}_1 - \text{SI}_0| / \sigma$$

*SI₁ = 病変のsignal intensity、SI₀ = 正常乳腺のsignal intensity、 σ = background信号値の標準偏差

なお、Sensitivity encodingにおいてバックグラウンドのノイズが低く算出される可能性があり、SNR算出に用いることには異論もあるが、現在ノイズの代用とするものにコンセンサスがなく、今回は従来の方法を用いた⁹⁾。

また、組織学的に浸潤癌14例と非浸潤乳管癌(NIDC)、あるいは非浸潤乳管癌主体癌20例に分け、CNRの平均を求め、両者の間の統計学的検討をした（non-paired sampled t-test）。

結果

病変部のSNR平均値は、b値100、500、1,000、1,500s/mm²の順に、129±52.0、101±58.0、57.8±37.6、47.4±34.8、正常乳腺は順に、118±44.3、72.4±36.3、28.0±18.0、13.4±13.3であり、いずれもb値の上昇とともに低下した。CNR平均値は同様の順で、12.3±16.0、28.5±32.5、30.2±24.1、34.0±26.5と、b値の上昇とともに上昇した（表1）。CNR平均値はb値1,500s/mm²が最も高く、100s/mm²の間に統計学的有意差はあったが、1,000s/mm²および500s/mm²との間に統計学的有意差はなかった（p<0.05）。

組織別では、浸潤癌のCNR平均値はb値100、500、1,000、1,500s/mm²の順に、17.3±24.2、44.0±40.4、47.0±26.4、48.2±32.5であり、NIDCおよびNIDC主体癌での平均値は同様に、8.67±7.45、17.1±21.4、17.8±13.7、23.5±16.5であり、両者の間にb値500、1,000、1,500s/mm²で有意差を認めた（表2）。

考察

乳癌における拡散強調像ではADC値による検討が多く、Woodhansらはb値=750s/mm²を用い、乳癌

表1 b値100～1,500における病変、正常乳腺の信号値、signal-to-noise ratio (SNR) および contrast-to-noise ratio (CNR) の平均値

| | b=100 | b=500 | b=1,000 | b=1,500 |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| SI病変 | 926 ± 312 | 485 ± 225 | 294 ± 192 | 226 ± 174 |
| SI乳腺 | 842 ± 278 | 379 ± 134 | 114 ± 93.2 | 63.2 ± 58.2 |
| Noise | 5.15 ± 1.77 | 5.32 ± 1.37 | 5.24 ± 1.68 | 7.59 ± 2.16 |
| SNR病変 | 129 ± 52.0 | 101 ± 58.0 | 57.8 ± 37.6 | 47.4 ± 34.8 |
| SNR乳腺 | 118 ± 44.3 | 72.4 ± 36.3 | 28.0 ± 18.0 | 13.4 ± 13.3 |
| CNR | 12.3 ± 16 | 28.5 ± 32.5 | 30.2 ± 24.1 | 34.0 ± 26.5 |

*SI病変：病変の信号値、SI乳腺：正常乳腺の信号値、Noise：background信号値の標準偏差、SNR病変：病変のSNR、SNR乳腺：正常乳腺のSNR、CNR：病変と正常乳腺とのCNR

SNRはb値の上昇とともに低下するが、正常乳腺の低下が強く、CNRはb値1,500で最大となる。b値1,500と100の間に統計学的有意差はあったが、1,000s/mm²および500s/mm²との間に統計学的有意差はなかった(p<0.05)。

表2 浸潤癌14例と非浸潤性乳管癌(NIDC)およびNIDC主体癌20例との比較

| | b=100 | b=500 | b=1,000 | b=1,500 |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CNR 浸潤癌 | 17.3 ± 24.2 | 44.0 ± 40.4 | 47.0 ± 26.4 | 48.2 ± 32.5 |
| CNR NIDC | 8.67 ± 7.45 | 17.1 ± 21.4 | 17.8 ± 13.7 | 23.5 ± 16.5 |

浸潤癌ではCNRがNIDC主体癌に比し高く、b値500～1,500において統計学的有意差を認めた(p<0.05)。

のADC値が正常乳腺に比し有意に低いと報告している⁹⁾。また、Guoらはb値1,000s/mm²を用い、乳癌のADC値が良性病変に比し有意に低く、閾値のADC値を 1.30×10^{-3} mm²/sとすることで、Sensitivity 93%、specificity 88%になると報告している⁹⁾。

乳癌がADC低値をとる機序としては、悪性腫瘍の高いcellularityによると考えられるが⁹⁾、b値1,000s/mm²以下ではperfusionの影響も無視できないと思われる⁴⁾、¹³⁾。

拡散強調像はコントラスト分解能に優れるも、susceptibility artifact、chemical shift artifactが問題となる。躯幹部の応用においては、multichannel coilの使用およびsensitivity encodingを応用することにより、撮影時間の短縮による動きの低下、上記のartifactの改善が図られ、現在診断に耐え得る画像が撮像可能となっている⁹⁾。乳腺疾患において高b値拡散強調像を用いる際、解剖学的位置および乳腺内の脂肪の存

在から、特にsusceptibility artifact、chemical shift artifactが問題となり、sensitivity encodingは必須と考えられる⁹⁾。

高b値で期待されることは、正常乳腺が低下することによる悪性病変とのコントラスト上昇、また良性病変の信号が低下し、良悪性の鑑別が期待できる。一方、高b値における問題点としては、SNRの低下、歪み等artifactの増加、perfusionの影響が低下しかえって鑑別能が落ちる可能性がある点などが考えられる。

われわれの検討では、SNRはb値が高くなるに従い低下したが、悪性病変では正常乳腺と比較し低下の程度が緩徐であり、CNRはb値1,500で最大となった。他のb値との統計学的有意差はなかったが、正常乳腺の信号低下があり、視覚的にはb値1,500が最も有利と考えられた(図1)。高b値においてもperfusionの関与低下による影響は少なく、病変評価に十分なCNRが得られ、純粋にcellularityの評価ができること考

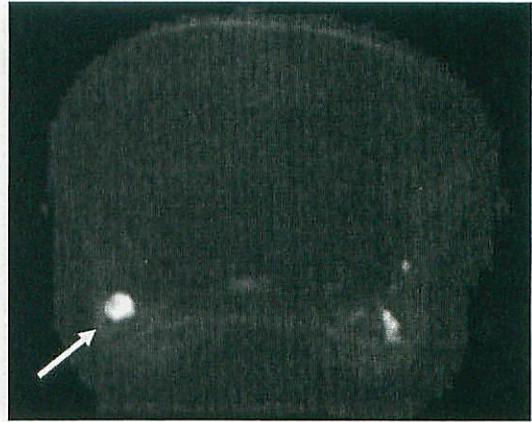
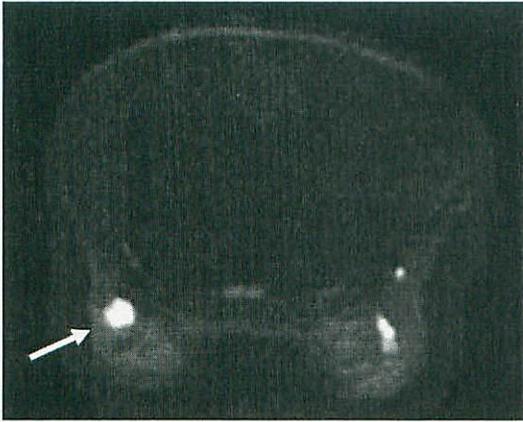


図1 左C領域：硬癌(60歳代)

図1a|図1b

a : b値 1,000 b : b値 1,500

b値 1,000でCNR = 55.9, b値 1,500ではCNR=68.6と、いずれも病変(矢印)の描出は良好。

b値 1,500では背景乳腺の低下があり、視覚的には有利と考えられる。



図2 右全領域DCIS(30歳代女性)

図2a|図2b

a : b値 1,000 b : b値 1,500

b値 1,000でCNR = 14.9, b = 1,500でCNR = 21.6と、病変自体のCNRは図2の充実性癌に比較し低い(楕円)。NIDCおよびNIDS主体癌ではCNRが低い分、正常乳腺の低下が期待できるb値 1,500の優位性があると考えられる。

えられる。浸潤癌とNIDCおよびNIDS主体癌との間では、有意差を持って浸潤癌の方がCNRが高かった。ただし、NIDCおよびNIDS主体癌はCNRが低い分、正常乳腺の低下があるb値 1,500での優位性があると考えられる(図2)。

今回は良性病変が少なく、良悪性病変鑑別の検討はできなかったが、参考として4例の良性病変のデー

タを示すと、CNRはb値100、500、1,000、1,500s/mm²の順に、 28.9 ± 15.0 、 31.0 ± 17.8 、 13.3 ± 11.1 、 4.15 ± 1.58 であり、b値が上昇するにつれて、良性病変のCNRは低下し、特にb値 1,500で著明である。この点からも、高b値で良悪性の鑑別能が上昇する可能性が示唆される(図3)。また、更なる高b値(b値2,000、3,000s/mm²)も撮像可能であり、現在、その有用性を検討中である。

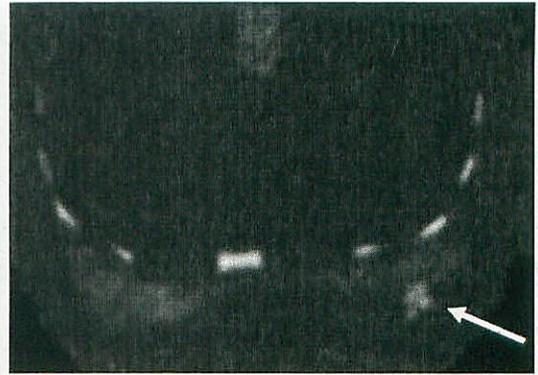
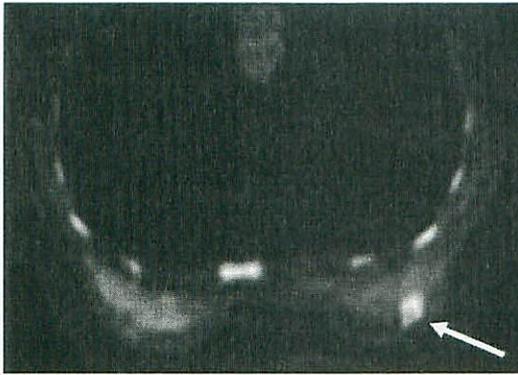


図3 右D領域：線維腺腫（40歳代）

a : b値1,000 b : b値1,500

b値1,000でCNR = 29.8、b値1,500ではCNR = 6.0。b値の上昇とともにCNRが著明に低下し（矢印）、高b値で良悪性の鑑別能が上昇する可能性が示唆される。

図3a 図3b

結語

b値1,500の画像は、乳癌の画像評価に十分なCNRが得られ、背景乳腺の低下があることで、視覚的に

は有利であると考えられた。

症例が少ないも、良性病変ではb値1,500で明らかにCNRが低下し、今後、更なる高b値の検討が望まれる。

参考文献

- 1) Stehling MK et al: Echo-planar imaging: magnetic resonance imaging in a fraction of a second. *Science* 254(5028): 43-50, 1991
- 2) Pruessmann KP et al: SENSE: sensitivity encoding for fast MRI. *Magn Reson Med* 42(5): 952-962, 1999
- 3) Kurihara Y et al: Coil sensitivity encoding in MR imaging: advantages and disadvantages in clinical practice. *AJR Am J Roentgenol* 178(5): 1087-1091, 2002
- 4) Woodhams R et al: Diffusion-weighted imaging of malignant breast tumors: the usefulness of apparent diffusion coefficient (ADC) value and ADC map for the detection of malignant breast tumors and evaluation of cancer extension. *J Comput Assist Tomogr* 29(5): 644-649, 2005
- 5) Guo Y et al: Differentiation of clinically benign and malignant breast lesions using diffusion-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging* 16(2): 172-178, 2002
- 6) Kuroki Y et al: Diffusion-weighted imaging of breast cancer with sensitivity encoding technique: analysis of the apparent diffusion coefficient value. *Magn Reson Med Sci* 3(2): 79-85, 2004
- 7) Kinoshita T et al: Diffusion-weighted half-Fourier single-shot turbo spin echo imaging in breast tumors: differentiation of invasive ductal carcinoma from fibroadenoma. *J Comput Assist Tomogr* 26(6): 1042-1046, 2002
- 8) Woodhams R et al: ADC mapping of benign and malignant breast tumors. *Magn Reson Med Sci* 4(1): 35-42, 2005
- 9) Namimoto T et al: Focal liver masses: characterization with diffusion-weighted echo-planar MR imaging. *Radiology* 204(3): 739-744, 1997
- 10) Sugihara T et al: Usefulness of diffusion-weighted MRI with echo-planar technique in the evaluation of cellularity in gliomas. *J Magn Reson Imaging* 9(1): 53-60, 1999
- 11) Buadu LD et al: Breast lesions: correlation of contrast medium enhancement patterns on MR images with histopathologic findings and tumor angiogenesis. *Radiology* 200(3): 639-649, 1996