

脈波同期呼吸停止下造影 3D MRA による冠状動脈の描出

中西 正, 秦 良一郎, 深見 健一, 田村 彰久,
松浦 寛司, 宮坂 健司, 高畑 弥奈子, 梶間 敏男,
伊藤 勝陽

広島大学医学部放射線医学教室

はじめに

冠状動脈の描出は k-space segmented gradient echo 法による 2D の手法によって可能となった¹⁾。2D によるデータの限界として、必ずしも適切な断面が得られるとは限らないこと、後処理ができないことが欠点として挙げられる。この手法の限界を突破すべく注目されているのが navigator triggered 3D gradient echo 法²⁾で近年多数の報告例がみられる。この方法では横隔膜の動きを検出して撮像するため呼吸停止の必要はないが、必ずしも血管の良好なコントラストが得にくいことや、時間がかかることまた呼吸が規則的でないと画像が劣化するなどの欠点もある。一方、3D gradient echo 法による撮影は心電図同期を必要としない大血管や末梢血管における有用性は確立しており、血管造影法に匹敵する画像が得られている³⁾。近年 MRI による冠状動脈の描出法として心電図同期併用 3D gradient echo 法が呼吸停止下で可能となってきた⁴⁾。今回我々は脈波同期呼吸停止下造影 3D gradient echo 法による冠状動脈像についての検討を行った。

対象および方法

対象は正常男性健常者 10 名 (25~35 歳, 平均年齢 31 歳) と虚血性心疾患患者 3 名 (男性 2 名, 女性 1 名, 平均年齢 71 歳) である。

使用装置は GE 社製 Signa Horizon Echo speed 1.5T。拡張期に acquisition time をできる限り割り当てるために心電図ではなく脈波同期を選択した。巻型の phased array coil を使用し、呼吸停止下で脈波同期 3D gradient echo 法による心臓撮像を施行した。撮像条件は背臥位で、256×96 matrix, TR/TE=3.8/1.8 ms, 2.0 mm 厚 (ZIP 併用により 1.0 mm 間隔での再構成), 34~40×17~20 cm FOV (体厚により決定), NEX=0.5 (half Fourier 法), 300 ms trigger delay, fat suppression pulse, で 80 mm をカバーした。造影は Gd-DTPA 15~20 ml を約 20 心拍間で注入し、注入開始後 20 秒後より撮像を開始した。Voxel size は 1.4×1.9×2.0 mm³ (36 cm rectangular FOV), 拡張期収集時間は 182.4 ms であった。

画像処理には partial maximum intensity projection (MIP) を用い、一枚の画像で描出される冠状動脈枝の長さを計測した。また患者では冠状動脈造影と対比した。

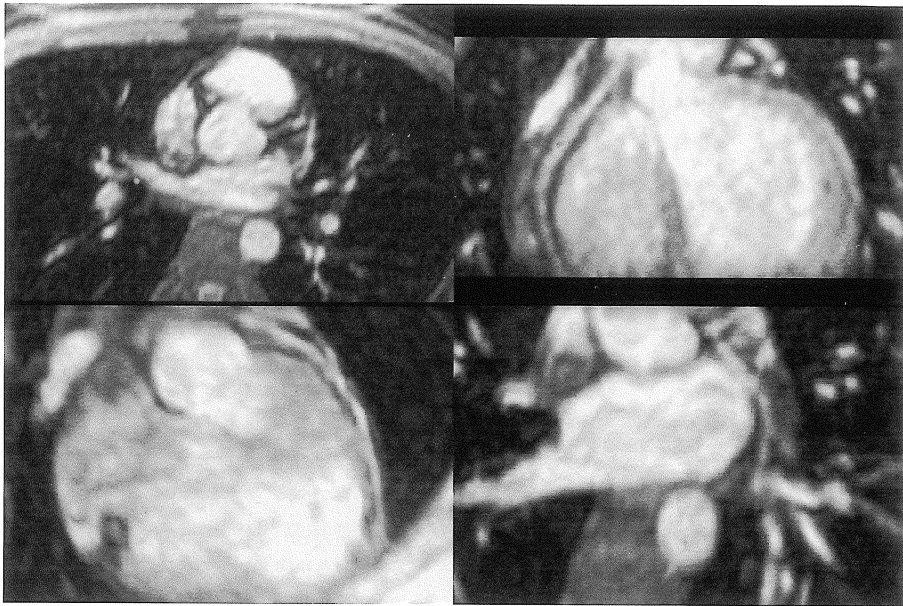


Fig. 1. A healthy 28-year-old man. Partial maximum intensity projection allowed excellent demonstration of each coronary artery branch. Axial source image, right coronary artery, left anterior descending artery, and left circumflex artery were shown in the order from left upper to right lower column.

結 果

検査時間は20分以下で終了できた。撮像時間は40心拍間で平均36秒であり、正常ボランティアと患者群共に全例で呼吸停止が可能であった。元画像での冠状動脈像は全例で良好な画像が得られた。位相方向の artifact は軽度であった (Fig. 1)。適当な断面を決定した後、partial MIP を施行した。正常ボランティアによる計測では描出された冠状動脈枝の長さは右冠状動脈、 72 ± 6 mm、左前下行枝、 74 ± 11 mm、回旋枝、 56 ± 7 mm であった。視覚的にも良好な連続性が確認された (Fig. 1)。またすべての枝ではほぼ直交する2断面で評価できた。冠状動脈造影で確認された4枝の有意狭窄 (前下行枝の一枝病変2例、前下行枝、回

旋枝の二枝病変1例) のうち3枝で狭窄が良好に描出された (Fig. 2)。

考 察

冠状動脈は複雑な走行を示す血管であり、動脈硬化性変化が加わると急峻な蛇行などもみられ、一つの断面内に大部分を含むように決めることは困難である。三次元データを後処理することにより、二次元データに比べて客観的な画像が提供され、診断能が向上するものと考えられる。Edelman らの報告では心電図同期3D gradient echo 法による冠状動脈の評価が試みられ、期待される手法の一つであるといえる⁴⁾。また冠状動脈バイパス開存性の評価にも有用とされている⁵⁾。造影3D gradient echo 法による

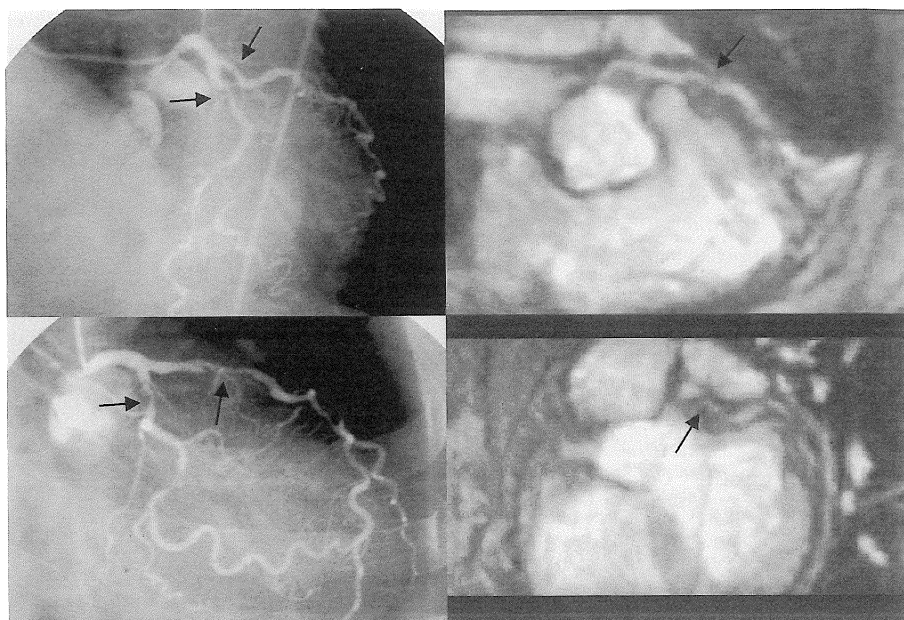


Fig. 2. 83-year-old woman with recently developed chest pain. Significant proximal segment of left anterior descending artery and left circumflex artery (arrows) depicted on conventional coronary angiogram (left) could be demonstrated on MR images (right).

データは血管のコントラストや三次元データによる利点を有し、非侵襲的な血管画像診断法として優れており、大血管、末梢血管などの画像は血管造影法にも匹敵するレベルである³⁾。しかしながらこの手法で冠状動脈を描出するには幾つかの問題点がある。心電図同期 3D gradient echo 法では非同期撮像に対して心拍数に反比例して acquisition time が長くなり、それによって造影剤の濃度が低くならざるを得ないこと、また必ずしも完全な cardiac motion artifact の除去ができないことなどの画質に対する欠点のほかに、呼吸停止時間内の撮像であるために高分解能画像を得ることが困難であるといった撮像上の制限もある。もう一つの三次元データ収集法として navigator triggered 3D gradient echo 法があるが、本法に比べて高い空間分解能の画像を提供できる反面、低いコントラストと撮像時間が長いことが問題点として

指摘されている。Navigator triggered 3D gradient echo 法において blood pool 型の造影剤の使用が有効であると期待されているが⁶⁾、本邦では現在使用できない。

今回は血管コントラストについての定量的な検討を行っていないが、冠状動脈近位部の評価には十分な描出が得られ、冠状動脈造影法との対比において狭窄が描出可能であった。

結 論

脈波同期呼吸停止下造影 3D MRA では血管のコントラストが高い volume data が安定して短時間に得られる。この撮像法は MRI による冠状動脈描出法の選択枝の一つとなり得ると考えられる。

文 献

- 1) Manning WJ, Li W, Edelman RR : A preliminary report comparing magnetic resonance coronary angiography with conventional angiography. *N Engl J Med* 1993 ; 328 : 828-832
- 2) Wang Y, Rossman PJ, Grimm RC, Riederer SJ, Ehman RL : Navigator-echo-based real-time respiratory gating and triggering for reduction of respiration effects in three-dimensional coronary MR angiography. *Radiology* 1996 ; 198 : 55-60
- 3) Grist TM : MRA of the abdominal aorta and lower extremities. *J Magn Reson Imaging* 2000 ; 11 : 32-43
- 4) Goldfarb JW, Edelman RR : Coronary arteries : breath-hold, gadolinium-enhanced, three-dimensional MR angiography. *Radiology* 1998 ; 206 : 830-834
- 5) Vrachliotis TG, Bis KG, Aliabadi D, Shetty AN, Safian R, Simonetti O : Contrast-enhanced breath-hold MR angiography for evaluating patency of coronary artery bypass grafts. *AJR* 1997 ; 168 : 1073-1080
- 6) Stuber M, Botnar RM, Danias PG, McConnell MV, Kissinger KV, Yucel EK, Manning WJ : Contrast agent-enhanced, free-breathing, three-dimensional coronary magnetic resonance angiography. *J Magn Reson Imaging* 1999 ; 10 : 790-799

Coronary Artery Visualization by Breath-hold Gadolinium-enhanced 3D MR Angiography with Peripheral Pulse Triggering

Tadashi NAKANISHI, Ryoichiro HATA, Kenichi FUKAMI,
Akihisa TAMURA, Kanji MATSUURA, Kenji MIYASAKA,
Minako KOHATA, Toshio KAJIMA, Katsuhide ITO

*Department of Radiology, Hiroshima University School of Medicine
1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734-8551*

Three-dimensional gradient echo sequence with ECG or pulse gating can be performed within a reasonable breath-holding time due to shorter TR and TE. In this study, our initial experience of gadolinium-enhanced three-dimensional gradient echo sequence with peripheral pulse triggering for coronary artery imaging is presented. Ten healthy volunteers and 3 patients with ischemic heart disease were imaged with a 1.5 tesla MR imager. Peripheral pulse was used for cardiac triggering with 300 ms trigger delay from the peak of each pulse. Image acquisition was started after a volume of 15–20 ml of gadolinium chelate was injected during 20 heart beats. Three-dimensional MR images on axial planes were acquired in supine position, with phased array body coil (2 mm section thickness with 1 mm overlap, 36 slices, 256 × 96 matrix, 34–40 × 17–20 cm FOV). Spectral inversion recovery pulse was employed for fat suppression.

Every examination was finished within 20 minutes. Good quality in the source image was obtained with minimum artifacts. Coronary arteries were easily visualized with partial maximum intensity projection. The mean length of coronary arteries visualized with one partial MIP image was 72 mm for the right coronary artery, 74 mm for the left anterior descending artery, and 56 mm for the left circumflex artery. Depiction of coronary artery stenosis was possible in 3 out of 4 branches in 3 patients using this method. Although obtained spatial resolution is limited due to breath-holding, this method might be feasible for assessment of coronary artery stenosis if further technical development can solve current problems. Breath-hold gadolinium-enhanced three-dimensional MR coronary angiography is useful in that volumetric data sets with high vessel contrast can be obtained within a short time.