

トピックス

〔 画像診断 〕

冠動脈の撮像技術と意義

大阪大学放射線医学教室 東 将 浩
有 澤 淳
池 添 潤 平
中 村 仁 信
大阪大学バイオメディカル教育センター機能画像診断学 内 藤 博 昭
大阪大学第一外科 高 橋 俊 樹

MR アンギオグラフィ（以下 MRA と略す）は従来の血管造影法と異なり、カテーテル操作や X 線被曝、造影剤の使用がなく、非侵襲的に血管像を得ることができる。特に頭頸部領域では動きが少ないことや専用のコイルが使用できるので、非常に良好な画像が得られ、脳ドックによる動脈瘤や動脈の閉塞性疾患の検診にも使用されている。近年の MRI 装置や高速撮像法の開発に伴い、下肢動脈の閉塞性疾患など頭頸部にとどまらず全身の血管に MRA が応用されるようになってきた。

一方、冠動脈は心臓の拍動によって大きく動き、その上、呼吸による心臓の上下動の影響も重なるため、冠動脈 MRA には、呼吸停止下での心電図同期撮像が必須であり、従来の装置では描出は困難であった。しかしながら近年、k-space segmentation 法とグラディエントエコー法を組み合わせた撮像法が開発され、呼吸停止下での心電図同期画像が得られるようになったため、冠動脈 MRA への道が大きく開かれた。冠動脈 MRA は現時点では確立された検査法ではないが、非侵襲的に冠動脈を描出できる画期的な方法であり、本稿ではその撮像法と我々の経験について述べる。

2. 実際の撮像

GE 社製 1.5T MRI 装置 (Signa Advantage) の高速シネ MR 法 (FASTCARD) による冠動脈 MRA について述べる。

心電図同期画像が呼吸停止下で得られる時間短縮が可能となった理由の一つに k-space segmentation 法の開発がある。従来のグラディ

エントエコー法は一心拍間に k-space 上の一つの line をうめるため、位相方向のマトリックスに応じただけの心拍数が必要であった。例えば位相方向のマトリックスが 128 の画像では 128 心拍の撮像時間が、256 の画像では 256 心拍が必要であり、心拍数が 60 の人で 256x128 の画像を得るためには約 2 分の撮像時間が必要である。

これに対して k-space segmentation 法は一心拍に複数の line をうめるため、撮像時間の大幅な短縮が可能である。例えばマトリックスが 128 の画像を得る際に一心拍間に k-space 上の 8line をうめれば 16 心拍で撮像が可能であり、心拍数 60 の人では 16 秒で画像を得ることができる (図 1)。この程度の撮像時間であれば、一回の呼吸停止下で撮像が可能である。我々は FOV を長方形にすることでさらに位相方向のマトリックスを減らし、一断面の撮像を約 10 秒の呼吸停止下で行っている。我々の行っている撮像パラメータを示す (表 1)。

冠動脈は管径が小さく、その描出には SN 比を上げるために、表面コイルが必要である。心臓専用の表面コイルがないため、我々は肩用の表面コイルで代用している。このような小さなコイルを使用する場合にはコイルポジショニングが重要である。心臓は左側にあるためコイルを左前胸部に置きがちであるが、左右冠動脈の起始部は意外に正中側にあるため、コイルは正中またはやや左側に置く。

また冠動脈を連続血管として描出するためには、位置の再現性が重要である。腹臥位での撮像が有

表 1

撮像 Sequence
 Fast Cardiac Cine MR Imaging (FASTCARD)
 8 views per segment
 TR=約 14msec, TE=約 6msec (このパラメーターについては心拍数や受信幅によって自動的に決定される)
 Flip angle=30 degree, FOV=32x16cm
 Matrix=256x64 or 256x80
 Slice thickness=3mm
 Flow comp, Fat Suppression

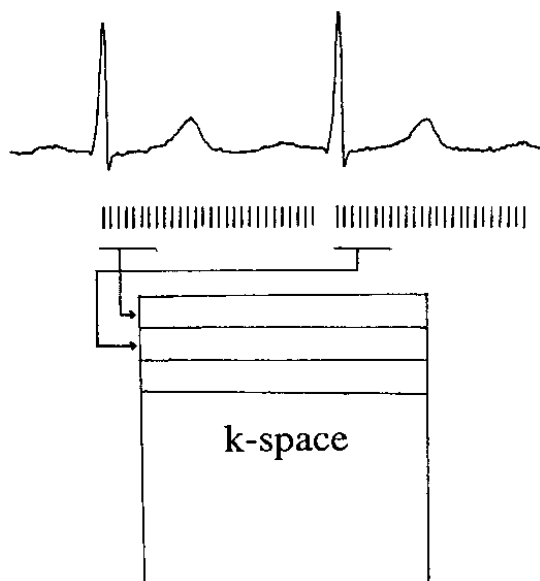


図1 FASTCARD法のシェーマ

従来のシネ MRI 像は 1RR 間隔の間に k-space 上の 1つの line をうめるため、画像を得るためには位相方向のマトリックスの数だけの心拍数が必要である。

k-space segmentation 法は一心拍の間に k-space 上の複数の line をうめるため撮像時間の短縮が可能である。例えば一心拍で 8 line をうめる設定 (8 views per segment) では、位相方向の matrix が 128 であれば 16 心拍で撮像が可能となる。TR=15msec の場合では $15 \times 8 = 120$ msec の間の平均画像となるため時間分解能は従来のシネ画像に比べ劣っている。

利であるが、被験者の苦痛を考えると、背臥位による撮像もやむを得ない。

冠動脈 MRA では冠動脈の起始部から末梢に向かって冠動脈の走行を追いかけるように斜方向の撮像を繰り返す方法をとることが多い。冠動脈の走行が比較的直線である場合は良いが、蛇行する場合には多くの撮像を繰り返さなければならない。

我々は冠動脈の走行に沿った断面の撮像を 3~5mm 幅で連続平行多断面で繰り返し、3次元のデータを獲得し、これらのデータから各血管に最適の断面図を再構成によって描出する方法を行っている。まず位置決めのための撮像を呼吸停止下

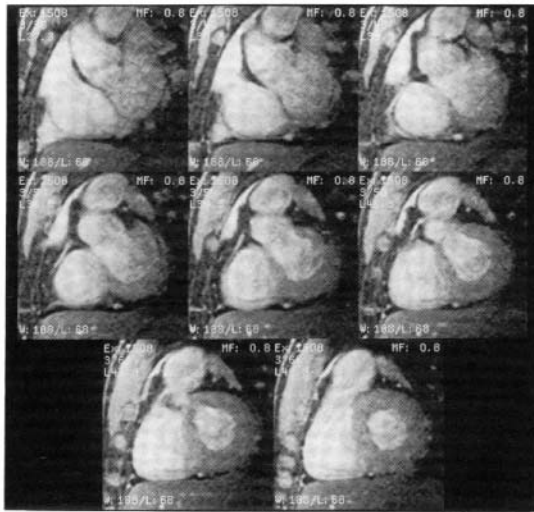
で行い、矢状断の画像を得る。これをスカウト像として左冠動脈の描出には axial 像での撮像を行っている。これで描出が不十分な場合には paracoronaral での撮像を追加している。右冠動脈では axial 像をスカウト像として parasagittal にて撮像を行っている。一つの三次元データを獲得するために 15 から 30 分の時間を要する。冠動脈は心外膜の脂肪組織の中を走行しているため脂肪抑制の併用は必須である。

3. 正常例の冠動脈 MRA

正常ボランティアの冠動脈 MRA を示す (図 2)。3次元のデータとして得られた元画像 (2-a) を、冠動脈ができるだけ同一平面上に描出されるよう再構成し観察している (2-b)。再構成することによってより長い範囲にわたって冠動脈が描出されている。冠動脈は蛇行、屈曲しているため、この例のように長い範囲にわたって同一平面上に描出されるとは限らない。そうした場合には、コンソール上でさまざまな再構成画像を作製し血管の連続性を確認している。こうして得られた再構成画像では、正常ボランティアでは右冠動脈近位部 (AHA 分類 Segment 1、2)、左冠動脈主幹部 (Seg. 5)、左前下行枝近位部 (Seg.6) は連続した血管として描出され、特に表面コイルに近い右冠動脈の描出は良好である。

4. 虚血性心疾患患者の MRA

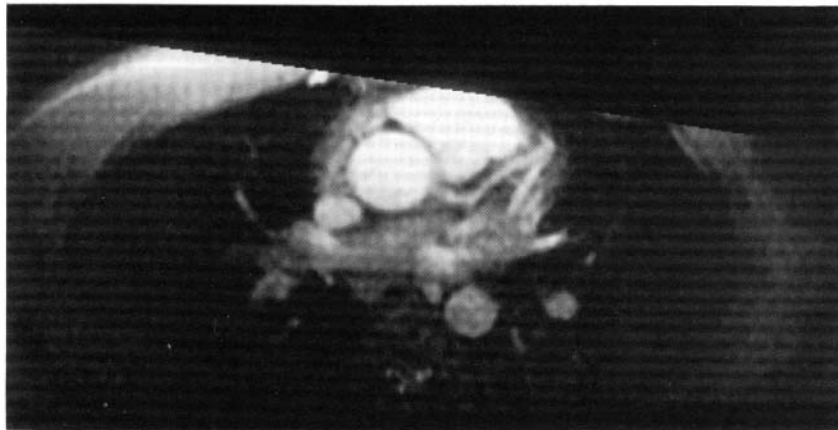
虚血性心疾患患者では正常例で良好に描出され



2 - a



2 - b



2 - c

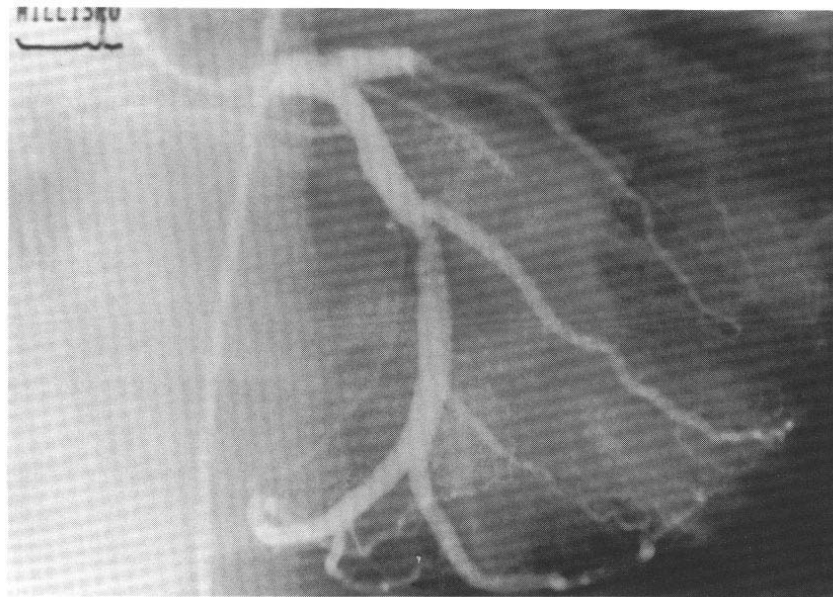
図2 正常ボランティア。2-a、高速シネ MR 法によって得られた右冠動脈 MRA の元画像。右冠動脈が右冠動脈洞から起始し、房室間溝の間を下降する様子がわかる。2-b、再構成画像。元画像に比べより長い範囲で冠動脈が描出されている。2-c、左冠動脈の再構成画像。主幹部から前下行枝近位部が描出されている。

た範囲、すなわち右冠動脈近位部 (AHA 分類 Segment 1、2)、左冠動脈主幹部 (Seg.5)、左前下行枝近位部 (Seg.6) では、冠動脈造影での高度狭窄病変は MRA でも高度狭窄として描出された (図3)。また、MRA では血流のある血管腔は描出されるという特徴があるため、冠動脈造影で描出されない閉塞部より末梢血管が描出され、どのあたりから開存しているかを判定できる

場合があり、PTCA や Coronary artery bypass graft (CABG) の計画の参考になる可能性がある。また CABG 後の患者に対して、高速シネ MR 法を用いてバイパスの狭窄を評価した報告もある。⁹⁾

5. 考察

虚血性心疾患の診断には心電図、血液生化学検



3 - a



3 - b

図3 虚血性心疾患患者。3-a、冠動脈造影で左前下行枝に100%狭窄病変を認める。3-b、左前下行枝に冠動脈の途絶を認める(↑)。

査、胸部X線像、心エコー図、心筋血流シンチ、心プールシンチ、冠動脈造影などが行われている。冠動脈MRAは冠動脈造影とともに、冠動脈を直接描出できるモダリティである。血管造影と異なり非侵襲的で、放射線被曝もない長所をもつが、空間分解能の制限があるため末梢冠動脈の描出が不可能なこと、狭窄の判定が必ずしも血管造影と一致しないこと、為陽性、為陰性があること、呼吸停止を繰り返すため重症患者には施行できないことなどの短所がある。また、閉塞血管の末梢が描出できる利点があるが、側副血行路が把握できないなどの特徴をもつ。

以上様々な欠点はあるが、冠動脈MRAは、近位部冠動脈の狭窄評価を可能にする画期的なモダリティである。壁運動やダイナミックMRIによる心筋の血流状態の把握などと組み合わせることで、虚血性心疾患の診断に利用される可能性がある。ただし、MRIでは空間分解能には限界があり、末梢冠動脈の描出は困難であり、冠動脈MRAの役割は現在のところ近位部病変のスクリーニングやPTCA後のfollow upなどであると考えられる。

冠動脈がMRAで描出できるようになった背景には、高速撮像法のめざましい開発がある。我々

が使用している FASTCARD 法もその一つである。さらに現在の装置でも撮像方法の工夫や専用の表面コイルの開発などでより良好な画像を得ることが可能になると思われるが、100msec 以下で一枚の画像が撮像できる超高速撮像法である Echo planar MR Imaging (EPI) が可能な装置も一般に供給され始め将来的にはこれらを利用して、動きに影響されない画像を得ることによって、精度の高い冠動脈 MRA が可能になって行くものと考えられる。

参考文献

- 1) Edelman, R, R. et al. : Coronary arteries; Breath-hold MR angiography. Radiology, 181: 641-643, 1991.
- 2) Sakuma, H., et al. : Breath-hold MR cine angiography of coronary arteries in healthy volunteers. AJR, 163: 533-537, 1994.
- 3) 吉岡邦浩他 : 心. 大血管の MRA. 臨床画像, 12: 28-35, 1994