

● 門脈・肝疾患の4D Flow MRI

名古屋大学医学部附属病院 放射線科 | 兵藤良太

4D Flow MRIは関心領域全体の3次元血流ベクトルデータを時相分割して取得可能な撮像法である。広範囲撮像と呼吸同期を必要とする門脈領域の撮像は、動脈領域よりも発展が遅れてきたが、最近では有用性を示す報告が散見されるようになってきた。本稿では、特に4D Flow MRIの臨床的な側面に着目し、各肝疾患における血行動態変化に関連する病態や治療適応、治療効果判定に有用であった報告について解説する。具体的には食道静脈瘤の破裂リスク推定や巨大門脈体循環シャント、経皮的肝内門脈肝静脈短絡術などについての報告がある。また、最新のトピックとして、Budd-Chiari症候群への適応や門脈血流の日内変動に関する評価もなされている。現状、撮像方法は施設ごとで異なっており、特にvelocity encodingの設定に関しては標的脈管の流速によっても変化する。これに対する当院での対応に関しても説明する。門脈領域の4D Flow MRIについては撮像および解析に時間がかかることが臨床応用へのネックとなっており、今後の検討課題と考えている。

4D Flow MRI is an imaging technique that can acquire time-resolved 3D blood flow vector data. Imaging of the portal venous system requires large FOV and respiratory gating, but recently there have been several reports demonstrating the usefulness of this technique. This article focuses on the clinical aspects of this technique, and discuss reports of its usefulness in determining the pathophysiology, indications for treatment, and efficacy of treatment for various hepatic diseases. The time-consuming imaging and analysis of 4D Flow MRI of the portal venous system is a bottleneck for its clinical application, and this is an issue for further study.

● はじめに

4D Flow MRIは上腹部あるいは腹部全体の、時相分割した3次元速度ベクトルデータをあまねく取得可能な技術であり、撮像範囲内の血流の視覚的、網羅的、後方視的な評価が可能である。全体像を評価しながら、正確な血管断面像の選択が可能であり、乱流部位を避けた血流測定を行うことで正確な流速・流量を定量可能である(図1)^{1,2)}。またenergy lossやwall shear stressなど、様々な血流パラメータ

の評価も可能である。門脈領域の既存の血流評価には超音波検査やCT、2D cine phase-contrast MRIがあるが、超音波検査は視野が限定され、術者の技量に影響を受けること、CTは血流パラメータの取得が困難なこと、2D cine phase-contrast MRIは事前に計測断面を指定する必要があり、乱流など血流異常部位を避けた評価が困難であること、などそれぞれ欠点がある。4D Flow MRIはこれらの欠点を補完することが可能である。門脈領域では動脈よりも血流が遅いこと、細く蛇行した脈管が多いこと、また呼吸性のmotion artifactが大きく影響することから、心大

血管領域と比較して4D Flow MRIの研究や発展が遅れてきたが、最近では有用な報告がなされるようになってきている。

● 門脈領域の4D Flow MRIの臨床に対するインパクト

門脈領域の血流変化は肝疾患と関連することが多く、特に肝硬変に伴う門脈圧亢進症は門脈領域の血行動態をダイナミックに変化させる³⁾。門脈圧亢進症は患者の予後やQOLと直接関連する重要な症候であり、これを視覚的、客観的に評価可

能であることは臨床的に非常に重要である。Motosugiらは内視鏡所見をゴールドスタンダードとして、4D Flow MRIから得られた血流計測値から食道静脈瘤破裂のリスクを層別化した⁴⁾。彼らは奇静脈血流が0.1L/分よりも多いこと、門脈血流の遠肝性の流出があること、この両者があることがハイリスクと相関すると報告している。また、筆者はIVR医でもあり、特にIVR治療の適応や治療効果の評価に有用性を感じている。具体的には巨大な門脈体循環シャントの発達に伴う肝性脳症に対する経皮的シャント塞栓術の前後で4D Flow MRIを撮像することで、門脈本幹やシャントを含めた腹部全体の門脈領域や静脈の血流評価が行える⁵⁾。血管造影ではカテーテルの下流側のみが

描出可能であるが、4D Flow MRIでは撮像範囲全体の評価が可能のため、上流側も視覚的に評価ができ、全体像の把握が容易である。また、塞栓術後のシャント閉鎖や門脈本幹血流量の上昇、上腸間膜静脈血流の順行化といった病態・病状の改善を1度の撮像で同時に評価できる(図2)。我々は4D Flow MRIの血流の向きが実際の血管造影所見と一致することも確認している。また、我々は肝移植後レシピエントの門脈吻合部狭窄に対する門脈ステント留置前後で4D Flow MRIを撮像し、その血行動態の変化を評価した⁶⁾。ステント留置前は門脈狭窄部のジェットと狭窄後拡張、肝内門脈血流の不均衡分布が認められたが、ステント留置によりこれらはいずれも改善し、肝内血流分布

がより均一となった。ステント留置前に認められていた巨大な門脈の遠肝性側副路は留置直後も形態的には変化がなかったが、流線解析で見る内部の流量・流速が著明に減少しており、治療効果の判定に有用であった。また、門脈圧亢進症に対し欧米でよく行われている経皮的肝内門脈肝静脈短絡術(TIPS)の術前評価、術後シャント回路の機能評価に対する有用性も報告されている^{7,8)}。このように、4D Flow MRIはこれまでの血流評価方法では困難であった非侵襲的かつ網羅的な評価を可能とし、介入治療前の全体像の把握や治療計画策定、介入後の効果判定や経過観察にその威力を発揮する。

最新の門脈領域の報告および研究内容

先般MRMSの特集号でも門脈領域のレビューがなされているが²⁾、医学は日進月歩であり、それ以降も同領域で新たな報告がなされている。いくつかピックアップして紹介する。

まず、我々はBudd-Chiari症候群のIVR治療における4D Flow MRIの有効性を報告した⁹⁾。Budd-Chiari症候群とは、2本以上の肝静脈主幹部、あるいは肝部下大静脈から右房までのどこかの閉塞や狭窄により、肝のうっ血と門脈圧亢進症を呈する症候群、と定義されている。同疾患では門脈領域および静脈の複雑な血行動態があり、これまではCTで形態から血流を予測するか、あるいは超音波検査で部分的な評価をするしかなかった。しかし、4D Flow MRIを撮像することで、門脈および静脈の全体像をまとめて評価することが可能となる。我々は肝静脈三枝閉塞および下大静脈の膜様狭窄を示したBudd-Chiari症候群の患者を4D Flow MRIで評価した。これにより、CTでは困難であった複雑な血行動態を視覚的に容易に評価可能となり、治療方針の決定にも寄与した(図3)。さらに治療効果判定では、下大静脈狭窄部のバルーン拡張前後で、pathline画像を評価することで視覚的な下大静脈の血流うっ滞の改善を見るのみならず、下大静脈の血流が安定した部位の流量を選択的に評価することで、下大静脈の流量上昇を定量的に確認できた。

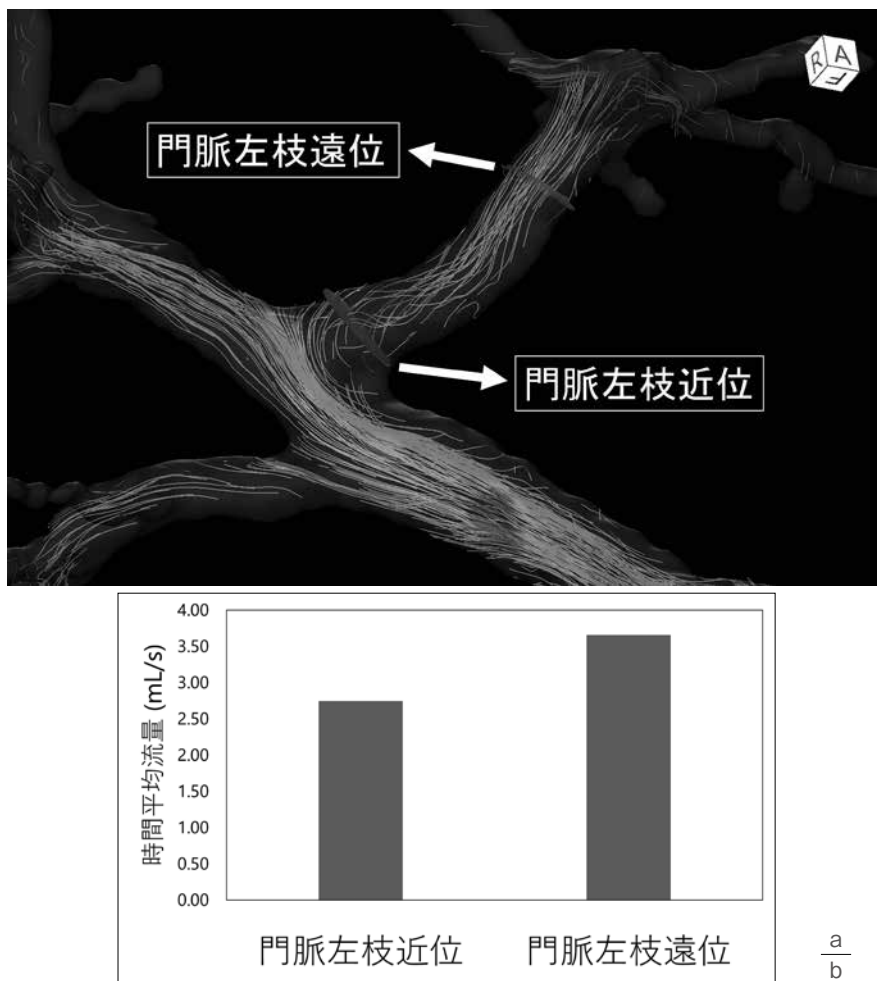


図1 正常門脈症例の層流部と非層流部

- a: 門脈左枝は急峻に分岐しており、近位部には強いhelical flowが認められる。遠位部は層流となっている。
b: 非層流部位の流量は過小評価になってしまうため、層流部での血流計測が重要である。4D Flow MRIは層流部を客観的に選択することが可能である。

⇒巻頭カラー参照