

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 三次元シネ位相コントラスト磁気共鳴法を用いた肺動脈高
血圧症の血行力学的パラメータに関する研究

氏名 寺田 理希

論文内容の要旨

緒言

慢性閉塞性肺疾患(chronic obstructive pulmonary disease [COPD])や間質性肺炎(interstitial pneumonia [IP])などの呼吸器疾患では病勢の進行とともに労作時呼吸困難が増強し、患者の日常生活動作(activities of daily living [ADL])を低下させている。その原因として、原病の増悪による呼吸不全とともに、肺動脈高血圧症(pulmonary arterial hypertension [PAH])を発症することが考えられる。PAHの評価は、呼吸器・心血管の臨床医から多くの注目を集めている。

PAHは、抹消の血管収縮と血管リモデリングが特徴であり、肺血管抵抗((pulmonary vascular resistance [PVR])の段階的な増加に結びつく肺血管系の疾病である。PAHの現在の診断のスタンダードは、右心カテーテル挿入(right heart catheterization [RHC])による肺動脈圧(pulmonary arterial pressure [PAP])の測定であり、PAHの血行力学の評価に通常使用される。しかし、RHCによるPAP測定は侵襲性が高いため、簡便で低侵襲に診断できる方法として磁気共鳴(magnetic resonance [MR])検査における血行動態解析の数々の研究報告がなされている。

MRでは、血流情報収集が可能である。その一つの方法に、心電図と同期させ、各心時相の流速により生じる位相変化を画像化するシネ位相コントラスト磁気共鳴(cine phase contrast MR [cine PC MR])法が存在する。今まで報告されてきたPAHの重症度に依存して変化し、肺動脈流速測定によって得られる血行力学的パラメータである加速時間(acceleration time [AT])、加速体積(acceleration volumes [AV])、最大速度(peak velocity [PV])に加え、3次元データを利用する事で新たな血行力学的パラメータとして血管壁せん断応力(wall shear stress [WSS])と壁せん断応力のゆらぎ(oscillatory shear index [OSI])による評価の有用性が期待される。

目的

COPDやIPでPAHが疑われた症例を対象に3次元(three dimensional [3D]) cine PC MRにより肺動脈の血行力学的パラメータを評価し、肺動脈高血圧症を客観的に評価できるか否か検討することである。

方法

(1) 肺動脈領域の 3D cine PC MR の撮像パラメータ (Flip Angle [FA] と View per Segment [VPS]) の最適化を行った。

(2) ゴールドスタンダードの撮像法である 2次元 (three dimensional [2D]) cine PC MR を 3D cine PC MR に置き換えられるか否かについて検討するため、肺動脈の血行力学的パラメータ (AT, AV, PV) を使用して 2D cine PC MR と 3D cine PC MR の比較を行った。ピアソンの順位相関係数と Bland-Altman 分析を使用した。

(3) PAH が疑われた 17 名に対して RHC による PAP の測定と 3D cine PC MR を施行した。RHC による PAP により、正常圧群 12 例、肺動脈高血圧症群 5 例に分類された。3D cine PC MR は、血管断面積 (blood vessel section area [BVSA])、血行力学的パラメータである収縮期、拡張期および平均の WSS (systolic WSS [sWSS]、diastolic WSS [dWSS]、mean WSS [mWSS])、OSI を測定し、正常圧群と肺動脈高血圧症群で比較した。また、肺動脈の流線画像も評価した。

結果・考察

(1) FA の変化は、強度画像の信号強度に影響することが示された。VPS は、小さくすることで肺動脈流速曲線の PV の確性が向上した。したがって、FA と VPS の最適な設定は、肺動脈の血行動態解析のために重要と考えられた。

(2) 2D cine PC MR と 3D cine PC MR の相関係数は、AT、AV および PV それぞれ 0.728、0.804 および 0.957 であった。Bland-Altman 分析による 2D cine PC MR と 3D cine PC MR の比較では、一致性の高い結果が得られた。3D cine PC MR による肺動脈の血行力学的解析は、既存の 2D cine PC MR と同等の精度であり、肺疾患の評価のために有望であると考えられた。

(3) 肺動脈高血圧症群の sWSS は正常圧群より低値を示した (sWSS: 肺動脈高血圧症群, $0.594 \pm 0.067 \text{N/m}^2$; 正常圧群, $0.961 \pm 0.590 \text{N/m}^2$; $p=0.001$)。また、mWSS も同様に低値を示した (mWSS: 肺動脈高血圧症群, $0.365 \pm 0.035 \text{N/m}^2$; 正常圧群, $0.489 \pm 0.132 \text{N/m}^2$; $p=0.027$)。肺動脈高血圧症群の OSI は、正常圧群より高値を示した (0.214 ± 0.026 対 0.130 ± 0.046 , $p=0.001$)。

mean PAP と sWSS, mWSS および dWSS は負の相関を示し、OSI は正の相関を示した (mean PAP との相関: sWSS, -0.638 [$p=0.005$]; mWSS, -0.643 [$p=0.005$]; dWSS, -0.485 [$p=0.049$]; OSI, 0.625 [$p=0.007$])。また、systolic PAP も同様な相関を示した (systolic PAP との相関: sWSS, -0.622 [$p=0.008$]; mWSS, -0.629 [$p=0.007$]; dWSS, -0.484 [$p=0.049$]; OSI, 0.594 [$p=0.012$])。

BVSA と sWSS は負の相関を示し、OSI は正の相関を示した (BVSA との相関: sWSS, -0.488 [$p=0.049$]; OSI, 0.574 [$p=0.016$])。流線画像は、肺動脈高血圧症群において渦流または螺旋流が頻繁に観察された。

結語

3D cine PC MR を用いた PAH の血行力学的パラメータにより PAH の有無を低侵襲的に客観的に評価できる可能性が示された。