

論 文 要 旨

Hemodynamic features underlying pulmonary vein stump thrombus formation after left upper lobectomy: Four-dimensional flow magnetic resonance imaging study

〔左肺上葉切除後の肺静脈断端血栓の原因となる血行動態の特徴：〕
4D flow MRI を用いた研究

梅原 正

【序論及び目的】

肺葉切後の肺静脈断端血栓は重要臓器塞栓症の原因となる重篤な合併症である。従来この事象にほとんど注意が払っていなかったが、2012年頃から左上葉切除後に肺静脈血栓が頻発するという報告が増えてきた。左上葉切除後では相対的に肺静脈切離断端から左房流入部までの距離が長く、これが左上葉切除後の肺静脈断端血栓の主な原因と考えられていた。自動縫合器で肺静脈を離断した場合、肺静脈断端の周囲で血液の乱流が発生し、血栓形成のリスクが高まる可能性がある。残念ながら、左上葉切除後の肺静脈断端血栓は、肺静脈断端を短くする努力を行った患者でも発生しており、肺静脈断端血栓の発生には異なる病態が関与していることが示唆される。

我々は前報にて、肺葉切除を受けた患者を対象に肺静脈から左房内の血流ラインを可視化するとともに、4D flow MRIで肺静脈断端周囲の血流を定量的に解析し、局所の血行動態を評価した。その結果、左上葉切除後の肺静脈断端周辺では他の肺葉切除と比べて、to-and-floの血液の動きが有意に顕著であった。これらの結果から、左上葉切除後の血栓形成に肺静脈断端周辺での血液の乱れが関連していることが示唆された。しかし、この研究では肺静脈断端血栓のない患者を主に対象としたため、肺静脈断端血栓を引き起こす原因となる血行動態を特定することはできなかった（調査対象40人中38人は肺静脈断端血栓の形成していなかった）。

本研究では左上葉切除後に肺静脈断端血栓を発症した患者を集積し、血栓を発症しなかった患者との間で血行動態を比較した。また、4D flow MRIから得られる代表的な乱流のパラメータであるenergy lossを計測した。

【材料及び方法】

本研究では2017年11月から2020年8月までに、当院で肺癌に対する左上葉切除術後7

日を目途に 4D flow MRI を実施した患者 (n=37) を対象に、後方視的な解析を行った。4D flow MRI では血液の to-and-flo の程度と肺静脈断端周囲の Energy loss(以下 EL)の 2 つのパラメータを用いた。EL は一般的に流れの分離、乱流、表面摩擦、流れの付着などの結果として得られるものである。また、肺静脈血栓の危険因子として知られている肺静脈断端の長さも測定した。

【結 果】

肺静脈断端血栓は 37 人中 15 人(40.5%)で見つかった。この 15 人には抗血栓薬が導入され、いずれも血栓の消失が確認された。肺静脈断端血栓のある患者はない患者と比べて肺静脈断端の残存長が有意に長かった (12.7 ± 4.0 vs. 9.9 ± 3.3 , $p=0.027$)。血行動態の解析から、肺静脈断端血栓の患者は、to-and-flo の程度と血流 EL の散布図により、特定の条件下で高率に血栓が形成される一定の領域に集中していた。この「危険」エリアでは、術後 5 か月目に遅発性肺静脈断端血栓と脳梗塞を発症した 1 名を除いて、肺静脈断端血栓のない患者はいなかった。ステップワイズ重回帰分析に基づいて 4D flow MRI から得られたパラメータを用いた計算式は、肺静脈断端の長さよりも肺静脈血栓の発生との関連性が高かった。(ROC 曲線下面積 0.918 vs. 0.705 , $p=0.0500$)

【結論及び考察】

我々は 4D flow MRI から得られた血行動態のデータを用いて、肺静脈断端血栓の原因となる「危険」な血行動態が左上葉切除後に存在することを明らかにした。このことは肺静脈断端血栓のある患者とない患者を区別するのに肺静脈断端の長さよりも有用であることが分かった。現在まで、左肺上葉切除後の肺静脈断端血栓の形成に関与する特定の血行動態を見出した報告はない。本検討は肺静脈断端血栓発症前の 4D flow MRI による評価を行うことで肺静脈血栓やその後の血栓塞栓症の合併症を引き起こすハイリスク患者を特定するのに役立つ可能性がある。