

論文の内容の要旨

氏名：小嶋啓介

専攻分野の名称：博士（医学）

論文題名：大動脈弓部における血管壁ずり応力のプラーク破綻への影響について：血管内視鏡と数値流体力学解析による検討

目的

本研究では大動脈 CT 画像から弓部大動脈の三次元画像を用いて有限要素法に基づき流体力学的解析を行い、大動脈各部の壁ずり応力（WSS）を計測し、血流維持型一般血管内視鏡（NOGA）で描出された大動脈プラーク破綻を認める大動脈弓部と、認めない弓部を比較することで、WSS と大動脈プラーク破綻の関係を明らかにする。

対象と方法

冠動脈疾患を有する、もしくは疑われて心臓カテーテル検査を受け、大動脈弓部における NOGA の観察と大動脈 CT を施行した連続 40 症例を対象とした。大動脈 CT 画像を用いて、頸部から腎動脈分岐レベルまで 3 次元画像構築を行い、コンピュータシミュレーションによる数値流体力学（computational fluid dynamics: CFD）解析を施行した。大動脈弓部内腔の WSS の 3 次元的な局在を明らかにし、WSS の最大値と平均値を算出した。

NOGA では、大動脈弓部におけるアテローム性プラークおよびプラーク破綻像の有無を評価した。プラークの位置は、異なる 2 方向からの透視を行い、椎体や気管支分岐、動脈の分枝などを参照して特定し、WSS のためにカラーマッピングされた 3D-CT の大動脈弓部像と注意深く一致させた。

結果

平均年齢は 69 ± 10 歳（45 から 86 歳）であった。NOGA による解析では、全症例で大動脈弓部にアテローム性プラークが観察され、22 例（55%）でプラーク破綻像が検出された。CFD 解析では、プラーク破綻像の有無で分けた 2 群間において、WSS の平均値（ 2.7 ± 0.7 Pa vs. 2.5 ± 0.6 Pa, $P = 0.26$ ）に有意差を認めなかったが、WSS の最大値はプラーク破綻像を有する群で有意に高値であった（ 55.6 ± 31.4 Pa vs. 37.3 ± 19.7 Pa, $P = 0.038$ ）。プラーク破綻像の存在を目的変数として WSS の最大値による ROC 解析を行うと、AUC 値は 0.77 であった。WSS の最大値におけるカットオフ値は 42.2 Pa であり、感度 87%、特異度 63% であった。多変量ロジスティック回帰分析を行うと、WSS の最大値が 42.2 より高値であることは、プラーク破綻像の存在を予測する有意な因子であった（Odds 比 7.22、95%信頼区間 1.67 - 40.54、 $P = 0.007$ ）。

結論

3D-CT 画像を用いて CFD により求めた弓部大動脈の WSS の最大値が高値であることは、NOGA で検出された大動脈プラーク破綻に関連していた。CFD 解析に基づく WSS の算定は、大動脈弓部のプラーク破綻の予測因子となり得ることを示し、ひいては将来の大動脈イベントもしくは Atheromatous embolization を原因とする心血管イベントを予測する方法になりうるかもしれない。