

背景と目的

内頸動脈狭窄症患者は狭窄の程度により脳灌流圧の低下を生じ、引き続いて脳灌流予備能 (cerebrovascular reserve: CVR) の低下をきたす。CVR の低下は脳虚血イベントに対する指標の1つとして知られている。CVR の測定には single photon emission computed tomography (SPECT) や positron emission tomography (PET) が用いられているが、コストや手技の煩雑さ、アセタゾラミドの副作用の問題がある。magnetic resonance imaging (MRI) は日常的に行われており、MRI による内頸動脈狭窄症のリスク層別化は臨床的に望ましい。近年、time-resolved 3D phase-contrast MRI (4D Flow) MRI の発展により、具体的かつ信頼性の高い血流情報 (pulsatile flow volume (ΔV), pulsatility index (PI) 等の pulsation 情報やウィリス動脈輪を介する側副血行) を得ることが可能となった。4D Flow MRI を用いて、片側内頸動脈狭窄症患者の血行動態障害の検出能について、アセタゾラミド負荷脳血流 SPECT 検査と比較して検討した。

方法

4D Flow MRI とアセタゾラミド負荷脳血流 SPECT 検査を行った片側内頸動脈狭窄 (>70%) を有する連続 27 名の患者 (男性 22 名、71 (63 ~ 73) 歳) を対象とした。

MRI は Philips 社製 3.0 T MRI (Achieva; Philips Healthcare, Best, The Netherlands) を用いた (4D Flow MRI: TR/TE 8.4/5.4 ms; velocity encoding (VENC) 100 cm/s; Heart Phase 15; voxel size $0.82 \times 0.82 \times 1.4 \text{ mm}^3$, TOF-MRA: TR/TE, 25/3.45 ms; FA, 18 degrees; SENSE factor, 2; FOV, $200 \times 200 \times 96 \text{ mm}$; slab 5; and voxel size, $0.28 \times 0.28 \times 0.70 \text{ mm}^3$)。

4D Flow MRI の解析は GTFlow (version 3.1.0, GyroTools, Zurich, Switzerland) を使

用した。まず middle cerebral artery (MCA) 近位に ROI を設定し、1 心拍における blood flow volume (BFV) 及び temporal mean flow (Net) を求めた。

次に ΔV および PI を以下により算出した。

$$\Delta V = \int_{\text{systolic}} (\text{BFV} - \text{Net}) dt$$
$$\text{PI} = \frac{\text{max BFV} - \text{minimum BFV}}{\text{mean BFV}}$$

Net、 ΔV 、PI については、患側・健側比も算出し、rNet、r ΔV 、rPI と定義した。

側副血行評価として患側 A1 及び患側 Pcom の血流方向を確認した。順行性血流及び不明瞭であるものを native flow、逆行性血流のものを non-native flow とした。

Time-of-flight magnetic resonance angiography (TOF-MRA) について視覚的及び定量的に評価を行った。視覚的には MIP (maximum intensity projection) 像を用いて、患側 MCA の信号を 4 段階で評価した。定量的には、MRA 元画像上で両側 MCA 近位に ROI を設定し、得られた信号について、患側・健側比を算出し、rMRA として定義した。

SPECT で得た CVR に基づき、10%未満の患者を misery perfusion 群、10%以上の患者を non-misery perfusion 群に割り付けた。

結果

MRI におけるアーチファクトにより解析困難と判断した 1 例を除く 26 例 (男性 21 名、71 (62~72) 歳) を検討対象とした。患側 ΔV 、rNet、r ΔV 及び rMRA において CVR と有意な相関を得た ($r = 0.430, p = 0.030$; $r = 0.504, p = 0.010$; $r = 0.471, p = 0.015$; $r = 0.430, p = 0.028$)。

Pcom の逆行性血流は misery perfusion 群において有意に消失していた ($p = 0.002$)。 ΔV (0.18

ml) 及び rNet (0.643) の組み合わせにより、misery perfusion を高い診断能で検出することができた (感度 100%, 特異度 77.8%)。

結論

4D Flow MRI を用いた血流評価により、片側内頸動脈狭窄症患者の血行動態障害を検出することができる考える。