

頭部 MR angiography の血管描出能に対する 動脈血二酸化炭素分圧の影響

豊嶋英仁, 畑澤 順, 菅原重喜, 下瀬川恵久,
犬上 篤, 相沢康夫, 奥寺利男, 菅野 巖

秋田県立脳血管研究センター放射線科

方 法

はじめに

脳血管 MR angiography (以下 MRA) は非侵襲的に脳血管を描出することができるため、脳血管病変の疑われる疾患では従来の MRI に加わる検査法として普及してきている。また最近では、脳ドックが全国的に広がるなかで、MRA は必要不可欠の検査項目になっている。

脳血管 MRA の撮像法は、脳動脈の描出を目的として、おもに流入効果を利用した 3 次元 time of flight 法 (以下 3D TOF 法) が用いられている。流入効果は、物理的因子 (撮像条件、静磁場強度、装置性能) と生理的因子 (血流速度、血管走行、血管径) により影響を受ける^{1)~3)}。末梢動脈血管までコントラストよく描出するためにはこれらの因子をよく把握しておく必要がある。

今回我々は、生理的因子として、脳血流量に影響を与える動脈血二酸化炭素分圧 (以下 PaCO₂) に注目し、PaCO₂ が脳血管 MRA の描出能に及ぼす影響の検討を行った。

健常人 6 例 (37±8 歳) を対象とし、呼吸負荷により PaCO₂ を変化させるため、過呼吸状態、安静状態、7%CO₂ 混入ガス吸入状態で MRA を撮像し、PaCO₂ と MRA の描出能を比較検討した。Fig.1 に測定手順のタイムスケジュールを示す。MRA の撮像時間は 5 分 17 秒である。PaCO₂ を測定するため、あらかじめ対象 6 例に承諾を得て、動脈採血を橈骨動脈より行った。コントロールとして測定開始前そして MRA 撮像開始から 1 分及び 4 分に採血を行い、その平均値を各状態の PaCO₂ とした。過呼吸状態から安静状態に移行するには約 15 分おき、PaCO₂ がコントロール状態に戻るのを確認して行った。また、過呼吸状態および CO₂ ガス吸入状態の MRA 撮像は、各負荷の開始 30 秒後にスタートした。血圧は右上腕で持続測定した。

MR 装置は、MAGNEX50 (0.5T) (島津製) を使用した。MRA は 3D TOF 法を使用し、TR40ms, TE8ms, フリップ角 25°, 加算数 1, マトリックス 256×190×64, スラブ厚 64 mm, FOV25cm で Willis 輪を中心に撮像した。血液ガス分析装置は ABL300 (RADIOMETER 社

製) を使用した。

評価方法は、最大値投影 (MIP) 処理後の MRA 画像をもとに、PaCO₂ の変化にともなう、MRA 全体像の描出能の評価、およびコントラスト比 (CNR = 中大脳動脈水平部の信号強度/脳組織の信号強度) を測定し評価を行った。

結 果

Fig.2 に PaCO₂ の変化に対する MRA の描出能の測定例を示す。過呼吸状態、安静状態、

7%CO₂混入ガス吸入状態での PaCO₂ は各々24, 40, 50mmHgであった。また平均血圧は各呼吸状態で安定していた。PaCO₂の上昇とともに中大脳動脈、後大脳動脈の末梢の描出能が向上した。

Fig.3 に PaCO₂ と CNR の 関 係 を 示 す。PaCO₂の上昇とともに有意に CNR の増加を認めた (r=0.54, P<0.01)。

考 察

PaCO₂は脳血流量を調節する重要な因子であ

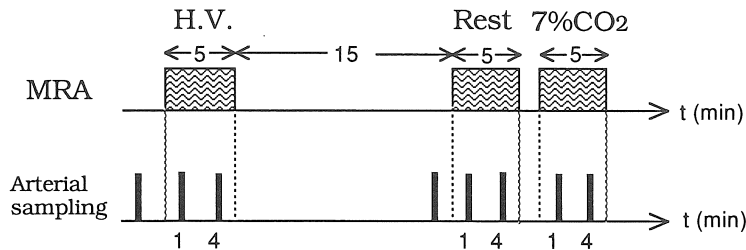


Fig.1. Time schedule of the study for PaCO₂ condition, MRA and arterial sampling. H.V., Rest and 7% CO₂ corresponds to PaCO₂ conditions of hypocapnia, normocapnia and hypercapnia, respectively.

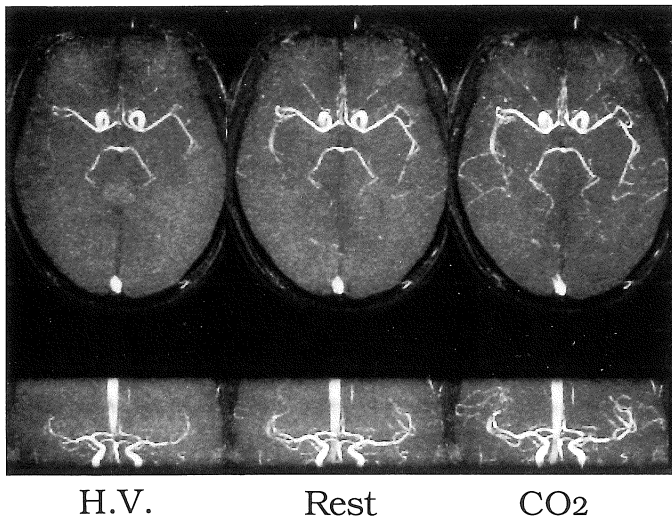


Fig.2. MRA's for different PaCO₂ levels, during hyperventilation (H.V.), at rest (Rest) and during 7% CO₂ inhalation (CO₂). PaCO₂ of H.V., Rest and CO₂ were 24, 40 and 50 mmHg respectively. As increasing PaCO₂, distal parts of arteries like the middle cerebral artery (MCA) and the posterior cerebral artery became clearly visible.

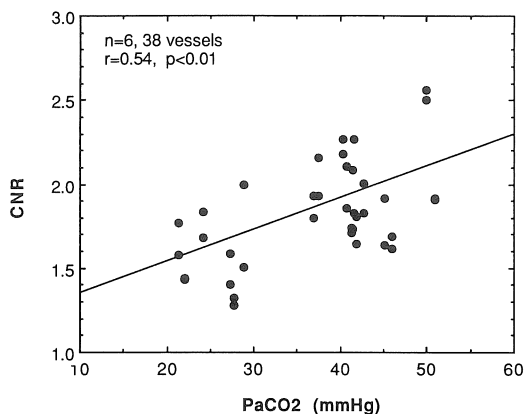


Fig.3. Relationship between PaCO₂ and contrast noise ratio(CNR) at horizontal part of MCA. CNR evaluated at horizontal part of the MCA was significantly increased as increasing PaCO₂($r=0.54$, $p<0.01$).

る^{4),5)}。PaCO₂が1mmHg増加すると脳血流量は4～6%増加する⁶⁾。この場合、脳細動脈の径は拡張するが、主幹動脈の径は変化しないことが知られている⁶⁾。したがって今回の結果で、血圧が安定している状態におけるPaCO₂の変動によるMRAの描出能の変化は、血流速度の変化に起因すると考えられる⁷⁾。一定な灌流圧の状態ではPaCO₂の増加により細動脈が拡張して血管抵抗が減少し、血流速度が上昇した結果、流入効果を利用するMRAでは末梢血管までの描出が向上したと考えられる。

PaCO₂は呼吸状態で容易に変動する。安静状態に比べ、過呼吸状態ではPaCO₂は下がり、呼吸状態が悪いと上昇する。今回の我々の経験では、過呼吸状態から安静状態のPaCO₂に戻るまでには約15分も要し、すぐに回復しなかった。実際にMR検査をする場合、緊張したり閉所恐怖症ぎみの患者では過呼吸状態になりやすく、この状態でのMRAの描出能は安静状態に比べ劣っていることになる。特に中磁場装置によるMRAでは、安静状態でも高磁場装置に比べ描出能が劣るため、この影響は大きい。MRA検査

にあたり、患者の状態を把握することが画像評価に影響するといえる。

ポジトロンCT (PET)、シングルホトンエミッションCT (SPECT) を用いて、脳循環予備能を評価することができる。脳循環予備能とは、血圧一定の状態ではPaCO₂上昇などにより血管抵抗を下げたときの局所脳血流量の増加能力であるといえる。これにより脳循環不全の予知に役立てられている⁸⁾⁻¹⁰⁾。今回測定したPaCO₂の変化によるMRAの描出能の変化も、上記の細動脈の血管抵抗を反映したものと考えられるため、脳循環予備能の評価として応用できる可能性がある。全体的に予備能が低下し血管反応性が低下した場合、呼吸負荷をすると正常例に比べMRAの描出能はあまり変化しないであろう。また、局所的に血管反応性が低下している場合は、そこに灌流する血管と正常部位に灌流する血管の描出に、差が現れることが予測される。今回使用中磁場装置でのMRAでは、末梢血管の描出が劣るためこの評価はできなかったが、高磁場装置によるMRAでは可能ではないかと考える。

ま と め

PaCO₂の変化にとともなう脳血管3D TOF MRAの描出能について検討した。

PaCO₂の上昇とともに脳血管MRAにおける末梢血管までの描出能が向上した。この現象は脳血流量増加による血流速度の増加を反映していると考えられた。

文 献

- 1) Lenz GW, Haacke EM, Masaryk Tj, et al. : Inplane vascular imaging : Pulse sequence design and strategy. Radiology, 166 : 875-882, 1988.
- 2) 高橋 健 : 3次元time of flight MR アンジオグラフィにおける流速、撮像変数の影響。日磁医報, 11 : 353-363, 1991.
- 3) Ruggier PM, Laub GA, Masaryk Tj, et al. : Intra-

- cranial circulation : Pulse-sequence considerations in three-dimensional (volume) MR angiography. *Radiology*, 171 : 785-791, 1989.
- 4) 上村和夫 : 脳循環代謝の生理と病態生理. 放射線医学大系. 38巻A 中枢神経. 中山書店, 東京, 1986, 77-87.
 - 5) Wood J H : Cerebral blood flow. McGraw-Hill Book Co., New York, 119-185, 1987.
 - 6) Tominaga S., Strandgaard S., Uemura K, et al. : Cerebrovascular CO₂ reactivity in normotensive and hypertensive man. *Stroke*, 7 : 507-510, 1976.
 - 7) Dahl A, Russell D, Nyberg-Hansen, et al. : A comparison of regional cerebral blood flow and middle cerebral artery blood flow velocities : Simultaneous measurements in healthy subjects. *J Cerebral Blood Flow Metab*, 12 : 1049-1054, 1992.
 - 8) 上村和夫, 宍戸文夫, 菅野 巖, 他 : 脳卒中最新の臨床. 医歯薬出版, 東京, 1987, 67-72.
 - 9) Kanno I, Uemura K, Higano S, et al. : Oxygen extraction fraction at maximally vasodilated tissue in the ischemic brain estimated from the regional CO₂ responsiveness measured by positron emission tomography. *J Cereb Blood Flow Metab*, 8 : 227-235, 1988.
 - 10) Lassen N A : Control of cerebral blood circulation in health and disease. *Circ Res*, 34 : 749-760, 1974.

Effect of PaCO₂ on the Vessel Delineation in Brain MR Angiography

Hideto TOYOSHIMA, Jun HATAZAWA, Shigeki SUGAWARA,
Eku SHIMOSEGAWA, Atsushi INUGAMI, Yasuo AIZAWA,
Toshio OKUDERA, Iwao KANNO

*Department of Radiology and Nuclear Medicine, Akita Research Institute for Brain and Blood Vessels
6-10 Senshu-kubota-machi, Akita city, Akita 010*

MR angiography (MRA) is non-invasive modality that can provide information about vascular structures as well as flow-related characteristics. We evaluated whether or not MRA can depict alteration of cerebral hemodynamics by changing arterial PaCO₂. We performed three-dimensional cerebral MRA based on time-of-flight method in six normal volunteers on a 0.5T unit. During the study in each patient, we measured arterial PaCO₂ under spontaneous hyperventilation, normal breathing, and inhalation of 7% CO₂, respectively. MR angiograms obtained under above conditions were visually inspected with measurement of signal intensities of middle cerebral arteries (MCAs) on the maximum-intensity-projection images and the results were compared with blood-sampled PaCO₂ values. There was marked improvement of the delineation of major cerebral vessels as increasing PaCO₂, indicating significant correlation between PaCO₂ and MCA signal intensities ($r=0.54$, $p<0.01$). We conclude that combination of PaCO₂ change and MRA is useful to detect hemodynamic information about the cerebral circulation.