

PC 法による眼動脈血流解析

原田邦明¹, 橋本雅人², 板東道夫¹, 小田原好宏¹,
鎌形政樹¹, 白勢竜二¹

¹札幌医科大学医学部附属病院放射線部 ²同医学部眼科

目 的

正常眼圧内緑内障 (NTG) は, 眼動脈の硬化性変化に伴う視神経への血流の低下が論議されているが¹, 定量的解析が可能であるカラー Dopra法においても眼動脈の描出は難しい². そこで定量的解析が可能な phase contrast (PC) 法³により眼動脈の流速解析を試みた. 今回は撮像時間を 1 眼 10 分以内を取得することを目標に撮像条件を検討し, 健常ボランティアおよび NTG の症例のデータを取得した.

方 法

使用装置は GE Signa Horizon LX 1.5T を使

用した. 撮像シーケンスは peripheral gate を使用した 2D cine PC 法である. 撮像面を眼動脈に対し直角の oblique coronal で 1 slice のみを設定し (図 1), 最適な FOV, thickness, matrix size, TR, flip angle 等をそれぞれ検討した. Peripheral gate において R-R 間は最大の 32 分割で撮像した. 解析は, GE Advantage WorkStation (ver. 4.0) の CV flow を用いた. 最適なコイルを選択するために, 当院において同部位の撮像で選択肢となる head coil, QHNV surface coil, 5 inch dual, 3 inch dual について, 頭部サイズである直径 17 cm の球形 phantom による感度分布を作製した. 対象は, ボランティア 10 名 (男性 3 名, 女性 7 名, 23~54 歳, 平均 32.6 歳) 14 眼, NTG 患者 1 名 (60

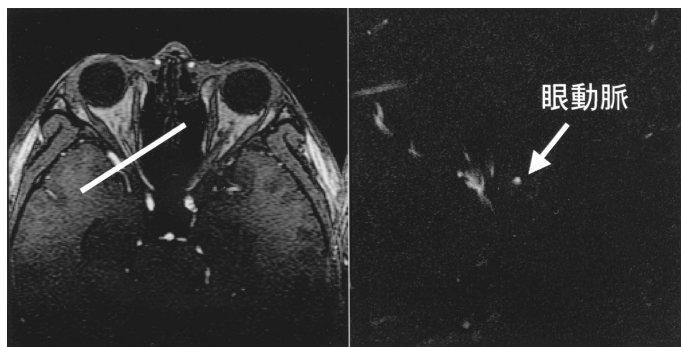


図 1. 2D Cine PC におけるスライス設定および描出された眼動脈 (GRE 画像)

キーワード phase contrast MRA, hemodynamics, ophthalmic artery, flow analysis, CV flow

歳男性)である。

結 果

コイル選択は、5 inch surface coil を dual で使用した場合が最も高 SNR であった (図 2)。2D cine PC 法における最適な撮像条件は、FOV = 6 cm, thickness = 1.5 mm, matrix size = 256 × 256, TR/TE = 40 ms/minimum, flip angle = 90°, nex = 2 であった。ボランティア 10 名 (14 眼) から得られた結果から、最大収縮速度 (PSV), 拡張終期速度 (EDV), および平均速度を求め、末梢血管抵抗指数 (RI) = (PSV - EDV) / PSV, 循環抵抗指数 (PI) = (PSV - EDV) / Mean Velocity をそれぞれ算出した (表)。図 3 はボランティアにおける眼動脈の flow chart の 1 例である。また NTG の症例では、末梢血管抵抗指数, 循環抵抗指数共にボランティアにおける平均値より 2SD を超えた値となった (図 4)。

考 察

眼動脈の測定ポイントにおいて、視束管内部



図 2. 5 inch dual surface coil が視束管付近の感度が最も高く適切な coil となった。また、図のように角度をつけ coil を設置することで、視束管付近の感度はさらに上昇した。

は磁場の均一性が悪く、GRE 法では良好な画像が得られなかった。そのため、測定ポイントを視束管出口から 5 mm 末梢側に設定し、磁場の不均一による信号強度の低下を極力避けた。

表. 健常ボランティアによる眼動脈の計測結果

Name	PSV	EDV	Mean Velocity	RI	PI
1 K.A	16.02	4.27	9.60	0.73	1.22
2 K.A	19.41	4.17	10.37	0.79	1.47
3 O.M	11.40	2.22	6.16	0.81	1.49
4 O.M	17.20	3.20	7.94	0.81	1.76
5 N.D	25.00	5.90	11.50	0.76	1.66
6 O.K	23.80	7.80	13.13	0.67	1.22
7 S.K	18.80	3.60	8.35	0.81	1.82
8 T.M	20.30	6.60	11.20	0.67	1.22
9 F.N	15.39	2.83	8.10	0.82	1.55
10 O.T	17.15	6.70	10.92	0.61	0.96
11 M.S	14.12	2.44	8.55	0.83	1.37
12 M.S	14.45	3.06	8.91	0.79	1.28
13 Y.S	20.83	7.82	11.93	0.62	1.09
14 Y.S	19.36	6.32	14.86	0.67	0.88
Average	18.09	4.78	10.11	0.74	1.36
SD	3.76	2.01	2.33	0.08	0.29

PSV, EDV には大きなばらつきがあるが、末梢血管抵抗指数 (RI), 循環抵抗指数 (PI) を計算することによって安定した値が得られた

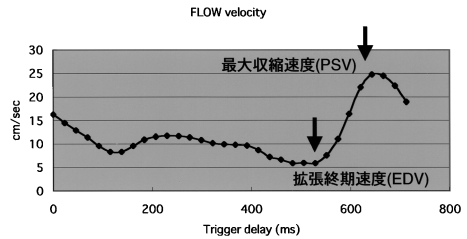


図 3. 健常ボランティアにおける眼動脈の flow chart. 最大収縮速度 (PSV), 拡張終期速度 (EDV), および平均速度を求め、末梢血管抵抗指数 (RI), 循環抵抗指数 (PI) をそれぞれ算出した。

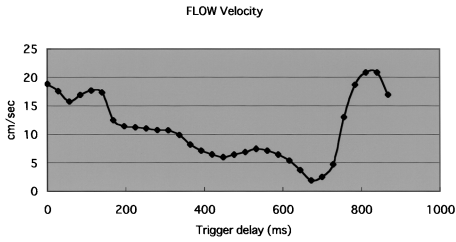


図4. 症例は正常眼圧緑内障で、眼動脈の循環障害が予想された。本法により末梢血管抵抗指数 (RI) は 0.91, 循環抵抗指数 (PI) は 2.07 となり、両指数がボランティアによる平均値 + 2SD 以上となり有意に高く、眼動脈循環障害が示唆される

PSV : 20.86 cm/s, EDV : 1.88 cm/s, Mean Velocity : 9.19 cm/s, RI : 0.91, PI : 2.07.

Flip angle が 90° で高信号が得られたのは、2D-single slice による in flow 効果によって、眼動脈の信号強度が flip angle と正比例した関係であったためであると考えられる。眼動脈の空間分解能について、FOV が 6 cm で pixel サイズが 0.23 mm であるため、直径 1 mm の眼動脈では、必然的に 4 pixel 以上が有効となる。もし眼動脈の断面積が得られるならば、単位時間当たりの血流量の算出まで応用は可能と思われるが、10 分以内の撮像時間を考慮すると S/N 的にも限界であり、有効ピクセル数が少ないため血流量への応用までには及ばない。また動脈の長軸方向は thickness が 1.5 mm であるが、三次元的に直交する断面を選択することで partial volume effect の影響を極力少なくできる。14 眼から得られた最大収縮速度 (PSV)、拡張終期速度 (EDV)、および平均速度はばらつきが大きかったが、末梢血管抵抗指数 (RI)、循環抵抗指数 (PI) を算出することでばらつきの少ないデータとなった。

症例では末梢血管抵抗指数、循環抵抗指数共に正常値を +2SD 以上のデータであったことから、眼動脈の循環障害が示唆された。今後同症例のデータを収集することで正常眼圧緑内障の原因究明に役立つことが期待される。

Phase contrast 法による血流解析は、カラードプラ法のブラインド領域を補う方法として有効であると考え、眼動脈以外の動脈も適切なコイルを選択することで同様な測定が可能であると思われる。

結 語

Phase contrast 法による眼動脈血流解析は、1 眼 10 分以内の撮像が可能であった。今後、正常眼圧緑内障において本法が有効に活用され、原因究明に大きな力を発揮することを期待している。

文 献

- 1) Tomita G, Niwa Y, Shinohara H, Hayashi N, Yamamoto T, Kitazawa Y : Changes in optic nerve head blood flow and retrobulbar hemodynamics following calcium-channel blocker treatment of normal-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2001 ; 131 (1) : 154
- 2) Nong T, Ninghua F : Color Doppler imaging in the study of retrobulbar hemodynamic changes of primary angle-closure glaucoma. *Yan Ke Xue Bao* 1997 ; 13 (3) : 113-115
- 3) Seitz J, Strotzer M, Schlaier J, Nitz WR, Volk M, Feuerbach S : Comparison between magnetic resonance phase contrast imaging and transcranial Doppler ultrasound with regard to blood flow velocity in intracranial arteries : work in progress. *J Neuroimaging* 2001 ; 11 (2) : 121-128

Flow Analysis of the Ophthalmic Artery

Kuniaki HARADA¹, Masato HASHIMOTO², Michio BANDO¹,
Yoshihiro ODAWARA¹, Masaki KAMAGATA¹, Ryuji SHIRASE¹

*¹Division of Radiology, ²Department of Ophthalmology, Sapporo Medical University Hospital
S1W16, Chuo-ku, Sapporo 611-2111*

The purpose of this study was to analyze the hemodynamics of ophthalmic artery flow using phase contrast MR angiography (PC-MRA). A total of 14 eyes from 10 normal volunteers and a patient with normal tension glaucoma (NTG) were analyzed. The optimal conditions were TR/TE/FA/nex = 40 ms/minimum/90 deg/2, FOV = 6 cm, matrix size = 256 × 256. The resistive index (RI) and pulsatility index (PI) values were significantly raised in the patient with NTG when compared to the control group. We therefore believe that PC-MRA may be a useful clinical tool for the assessment of the mechanism of NTG.