

前腕 MR Angiography の画質改善

○ 毛利 友洋, 小池 大作, 藤原 栄二, 森岡 千俊, 関子 雄基, 今井 志保,
木藤 俊介, 藤枝 健

所属施設名:西条中央病院

【背景】

MR Angiographyには様々なアプローチがある。以前、前腕MRA検査を行った際、当院では数少ない検査だったため、どのプロトコルで撮影するのが最適なのか吟味していた。

今回は、Phase Contrastを用いて前腕MRAの画質改善について検証した。

【目的】

Phase Contrastを利用して、前腕静脈をさらに描出できないのか検証を行った。

【Phase Contrast】

- Phase Contrast法(以下PC法)は、流速に応じた設定をすることにより、速い血流から遅い血流まで描出することのできる撮像法である。また、血管を描出する以外に、流速測定(Q-Flow)にも用いられている。

- PC法には、Bipolar Gradient(二つの正負の異なる同じ大きさの傾斜磁場)を使用する。

- Bipolar Gradientの強さは、パラメータ「dyn/ang」→「PC velocity」で調整する。PC法を利用する際には、目的とする流速の考えられる最大流速値を「PC velocity」に入力する。

【方法】

[I]流速測定Q-Flowの測定値が正しいのかをEcho(Doppler)を用いて比較する。

測定部位:肘関節

測定人数:10人

測定回数:5回

i) Echoの測定値と ii) Q-Flowの測定値をそれぞれ平均値を算出し比較する。

[II]Q-Flowを測定する際、PC velocityの値(①~⑧)を設定する。Intensityカーブの近似式を算出し、最も安定しているグラフを検討する。

- ①300cm/s ②200cm/s
- ③150cm/s ④100cm/s
- ⑤70cm/s ⑥50cm/s
- ⑦30cm/s ⑧10cm/s

[III] PC velocityの値による描出能の違い

i) Q-Flowを測定する際、Velocityの値を50cm/sと設定し、最大流速を測定する。

ii) 次に、実際にPCAを行う。その時、PC velocityを30, 20, 15, 10, 8, 5cm/sと設定しPCAを行い、血管走行の描出の差を検討する。

【使用機器】

使用装置:PHILIPS Ingenia1.5T(Fig.1)

コイル:dStream small Extremity 8ch(Fig.2)

超音波診断装置:Aplio400 TUS-A400(Fig.3)



Fig.2 ds small Extremity 8ch

Fig.1 PHILIPS Ingenia1.5T



Fig.3 Aplio400 TUS-A400

【結果】

[I]流速測定Q-FlowとEchoの比較

(測定位置:肘関節)

i) Echoで血流速度を計測する。

Table.1 流速測定(Echo)

	1	2	3	4	5	AVE
A	8.2	8.5	8.5	8.1	8.8	8.42
B	6.2	6.1	5.9	6.2	6.1	6.1
C	8.6	8.7	8.7	8.7	8.7	8.68
D	8.7	8.7	8.6	8.4	8.5	8.58
E	7.5	7.6	7.7	7.7	7.3	7.56
F	6.5	6.5	6.5	6.7	6.9	6.62
G	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1	7.12
H	5.7	5.8	5.4	5.7	5.7	5.66
I	6.2	6.2	6.3	6.7	6.5	6.38
J	8.5	8.6	8.6	8.6	8.8	8.62
						7.374

平均値:7.4cm/s

ii) Q-Flowで血流速度を計測する.

Table.2 流速測定(Q-Flow)

	1	2	3	4	5	AVE
最大流速	9.5	8.5	5.7	6.0	8.8	7.7

平均値:7.7cm/s

Table.1からEchoで流速測定を行い平均値を算出すると7.4cm/sとなり, Table.2からQ-Flowで流速測定を行い平均値を算出すると7.7cm/sとなった. 比較しても差がないことが分かった.

[II] Q-Flowを測定する際, PC velocityの値を変える.
(測定位置:肘関節)

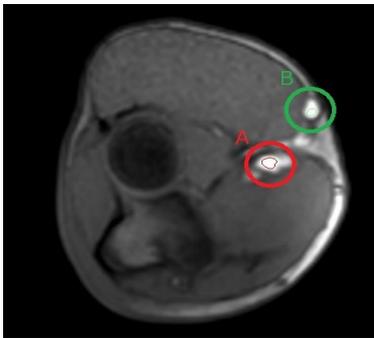


Fig.4 測定位置(肘関節)

PC velocityの値を300,200,150,100,70,50,30,10 cm/sと変えていく. 測定位置は肘関節(Fig.4). AとBの位置にROIを設定し, Intensityカーブ(Fig.5)を作成した. 血管Aは, ピークを持つ流速パターンから動脈, 血管Bはピークを持たない流速パターンから静脈であることが分かる. 今回は静脈MRAのため, 血管Bの流速パターンの近似式を算出する. velocity = 300cm/sの流速変化は, Fig.5. その時の静脈Bの近似曲線をFig.6に示す. 同様に, velocity=200cm/sの流速変化は, Fig.7. その時の静脈Bの近似曲線をFig.8. velocity=150cm/sの流速変化は, Fig.9. その時の静脈Bの近似曲線をFig.10. velocity=100cm/sの流速変化は, Fig.11. その時の静脈Bの近似曲線をFig.12. velocity=70cm/sの流速変化は, Fig.13. その時の静脈Bの近似曲線をFig.14. velocity=50cm/sの流速変化は, Fig.15. その時の静脈Bの近似曲線をFig.16. velocity=30cm/sの流速変化は, Fig.17. その時の静脈Bの近似曲線をFig.18. velocity=10cm/sの流速変化は, Fig.19. その時の静脈Bの近似曲線をFig.20とする.

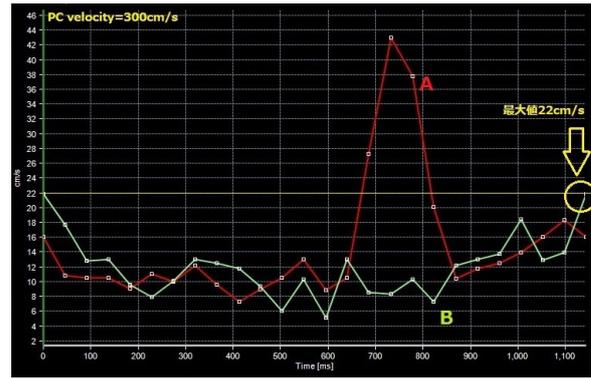


Fig.5 一心拍内の流速変化(V=300cm/s)

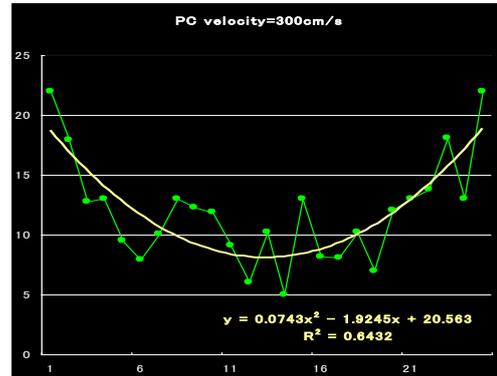


Fig.6 PC velocity = 300 の近似曲線

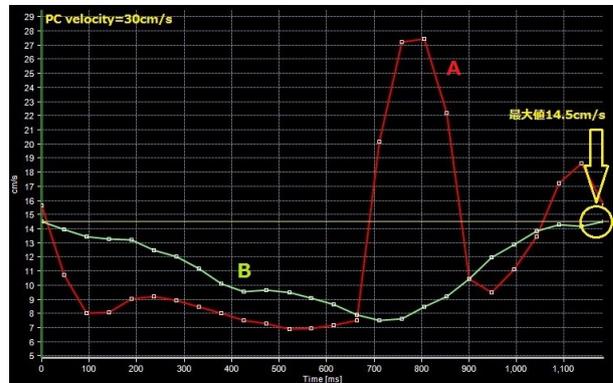


Fig.7 一心拍内の流速変化(V=200cm/s)

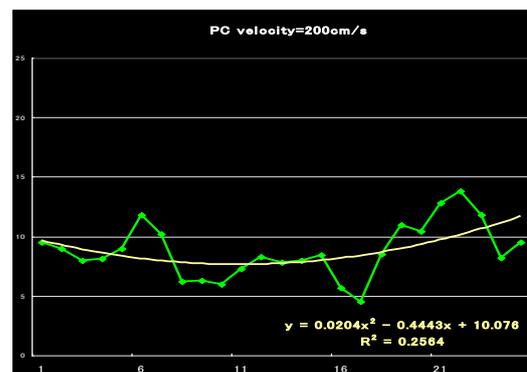


Fig.8 PC velocity = 200の近似曲線

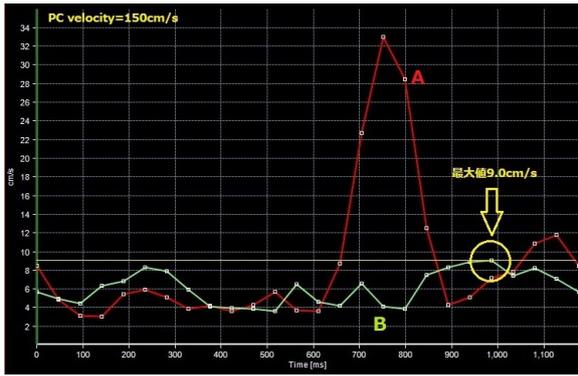


Fig.9 一心拍内の流速変化 (V=150cm/s)

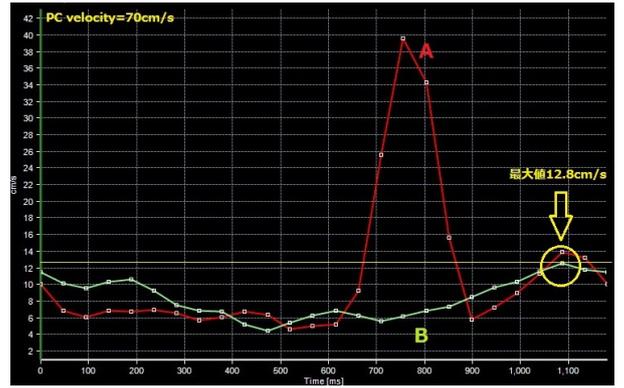


Fig.13 一心拍内の流速変化 (V=70cm/s)

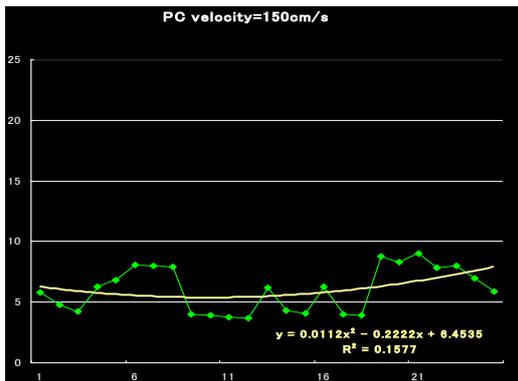


Fig.10 PC velocity=150 の近似曲線

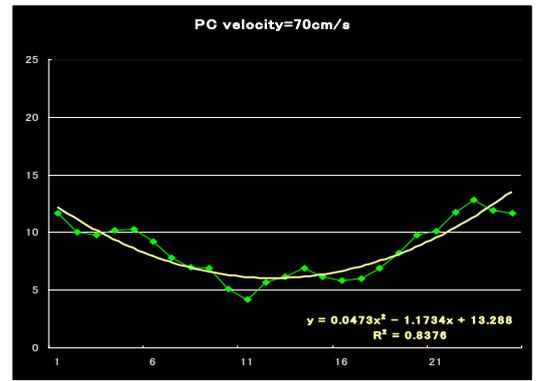


Fig.14 PC velocity=70 の近似曲線



Fig.11 一心拍内の流速変化 (V=100cm/s)

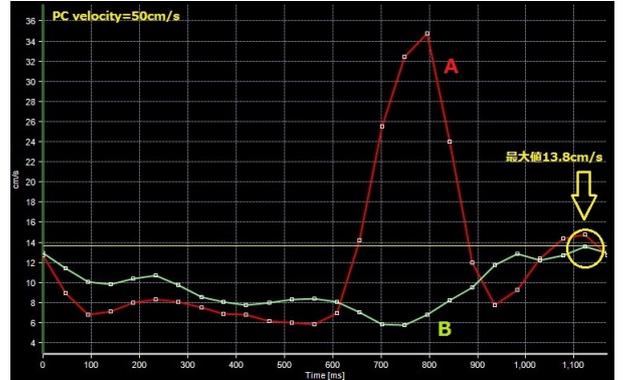


Fig.15 一心拍内の流速変化 (V=50cm/s)

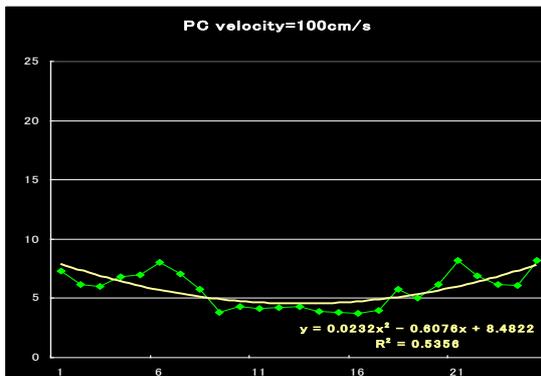


Fig.12 PC velocity=100 の近似曲線

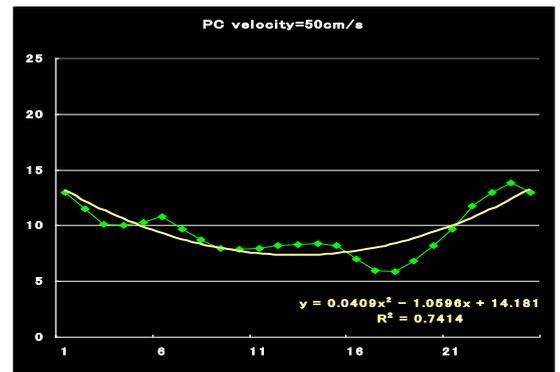


Fig.16 PC velocity=50 の近似曲線

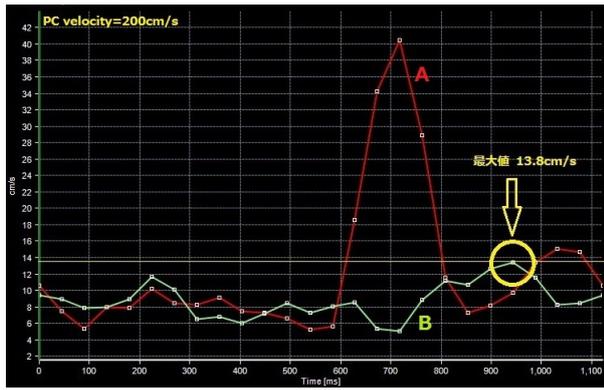


Fig.17 一心拍内の流速変化 (V=30cm/s)

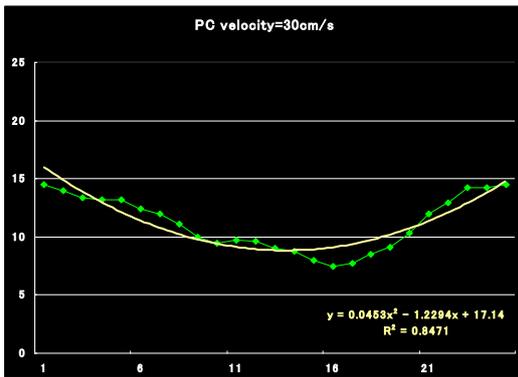


Fig.18 PC velocity = 30 の近似曲線



Fig.19 一心拍内の流速変化 (V=10cm/s)

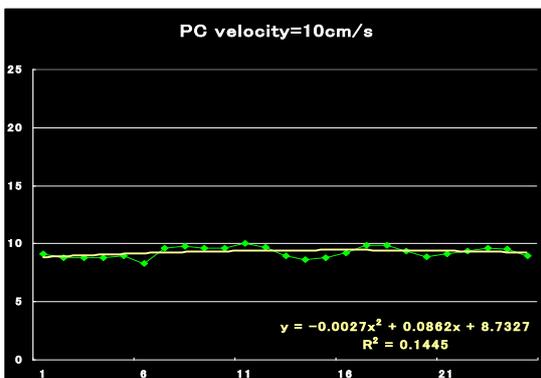


Fig.20 PC velocity = 10 の近似曲線

Table.3に静脈Bの流速パターンの近似式を示す。この近似式から、Velocityの値を70, 50, 30cm/sと設定した時、各項の実数値の定数がほぼ変わらず、安定した流速パターンを得ることができ、正確な最大流速値を計測できる事が分かる。

Table.3 静脈Bの流速パターンの近似式

Velocity	近似式	流速最大値
300cm/s	$y=0.07x^2-1.92x+10$	22cm/s
200cm/s	$y=0.02x^2-0.44x+10$	13.8cm/s
150cm/s	$y=0.01x^2-0.22x+65$	9.0cm/s
100cm/s	$y=0.02x^2-0.6x+8.5$	8.2cm/s
70cm/s	$y=0.05x^2-1.17x+13$	12.8cm/s
50cm/s	$y=0.04x^2-1.06x+14$	13.8cm/s
30cm/s	$y=0.05x^2-1.23x+17$	14.5cm/s
10cm/s	$y=-0.003x^2+0.09x+8.7$	10cm/s

[Ⅲ]PC velocityの値による描出能の違い

i) Q-Flowを測定する際、Velocityの値を50cm/sと設定し、最大流速を測定する。

肘関節と手関節の間 (Fig.21) でQ-Flowを測定し、Intensityカーブ (Fig.22) を作成した。

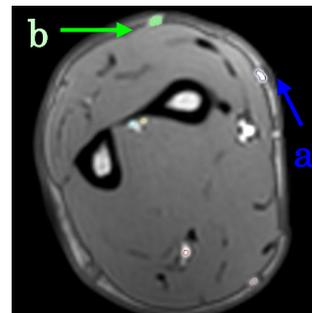


Fig.21 肘関節と手関節の間

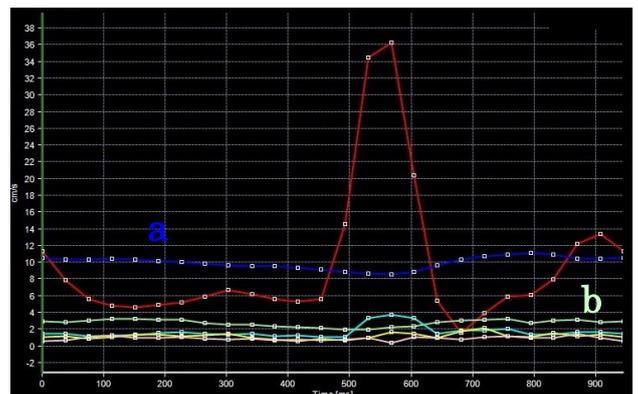


Fig.22 一心拍内の流速変化 (V=50cm/s)

ii)次に、実際にPCAを行う。

PC velocityを30cm/s (Fig.23), 20cm/s (Fig.24), 15cm/s (Fig.25), 10cm/s (Fig.26), 8cm/s (Fig.27), 5cm/s (Fig.28)と設定しPCAを行った。Fig. 22から血管aの最大流速値は11cm/s, 血管bの最大流速値は4cm/sである。Fig. 23はPC velocityの設定流速が高すぎるため、SNRが低く血管が描出されていないことが分かる。Fig.26は、血管a, 血管bともに描出能が良くなっていることが分かる。Fig.28は最大流速4cm/sの血管aはSNRが高く、描出能がよいが、最大流速11cm/sの血管bは設定Velocityが低すぎて、折り返しが発生しSNRが低下している。



Fig.23 PC velocity=30cm/s



Fig.24 PC velocity=20cm/s

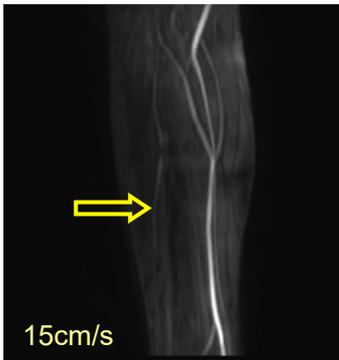


Fig.25 PC velocity=15cm/s



Fig.26 PC velocity=10cm/s



Fig.27 PC velocity=8cm/s



Fig.28 PC velocity=5cm/s

【考察】

流速測定Q-Flowの測定値は、Echo (Doppler)を用いた結果と比較しても差が無く、信憑性があった。

前腕静脈MRAをPC法を用いて行う時、Q-Flowの計測の際、PC velocityの値を30~70cm/sで計測すると測定値が安定する。

設定Velocityが高すぎると、画像のSNRは低下し、遅い血流の描出が困難となる。

設定Velocityが低すぎると、設定流速を超えた血流分に関して、位相エンコードの折り返しが発生する。

PC velocityを設定する時、どの血管走行が見たいかによって値を決定するとよい。

【結語】

Phase contrastを用いた前腕静脈MRA検査では、Q-Flowで流速測定を行い、描出したい血管の最大流速をPC velocityに設定することでSNRが担保された血管走行を描出することができる。欠点として、同部位の静脈でもさまざまな流速があるため、全ての静脈を描出することは難しい。また、動脈でも設定流速に近い速度のものは描出されるため、動静脈の分離は難しいことが分かった。

【参考文献】

1.荒木 力『MRIの基本 パワーテキスト 第3版 321-337』 2011.3.25.メディカル・サイエンス・インターナショナル