

Time-Slip 法を用いた指の非造影動脈描出の検討[大会長賞記録]

飯田由美子¹, 五十嵐幸子¹, 杉山明久¹, 諸星行男¹,
渡辺一廣¹, 安藤孝治¹, 中村 豊², 西村典子³,
東 美奈子⁴, 中橋昌男⁴

¹東海大学医学部付属大磯病院 ²同スポーツ医科学研究所 ³同スポーツ教育センター
⁴東芝メディカルシステムズ㈱

はじめに

指動脈の Flow-Spoiled FBI 法を用いての描出は既に本学会でも報告しているが、今回、Time-Slip 法を用いてさらに血流差の違いの描出を試みた。Time-Slip 法は、Time-Slip パルスにより撮像断面と独立して、体内を移動する血液を励起し (tag), BBTI 時間後に撮像することで、血液の移動距離と方向を画像にすることができる。

対象および方法

昨年の本学会で報告した Flow-Spoiled FBI 法の検討結果より、受信コイルについては手掌動脈、中手動脈、固有指動脈分枝部まで分離できた最も感度の良い NV SPEEDER コイルを使用した。撮像パラメーターは、末梢の指動脈までの描出を目的とするために、Shot 数 = 2, SPEEDER factor = 2 を併用し、TI 値は前回最も評価の良かった 190 ms とした。手掌より末梢の流れの遅い動脈を分離するため Spoiler パルス強度は +25% にした。

今回は Time-slip 法の撮影条件を以下の項目について検討した。1. Time-Slip 法の BBTI を変えて血液、オイル、生食を撮像し ROI を取って信号強度を測定した。2. Alternate = on

と off で指動脈の描出の違いを比較した。3. Tag をあてるタイミング (delay time) による指動脈の描出の違いを比較した。4. BBTI による指動脈描出の違いを比較した。5. 手に当てる tag の位置を変えて固有指動脈の描出を比較した。6. 血流を簡易的に遅くして負荷による固有指動脈の描出を比較した。7. Time-Slip 法を 2D TOF 法と Flow-Spoiled FBI 法で手の動脈の描出を比較した。

使用装置は東芝製 1.5T MRI 装置 EXCEL-ART Vantage 8ch 受信システム、受信コイルは NV SPEEDER を用いた。撮像条件は脈波同期併用し、Time-Slip 法および Flow-Spoiled FBI 法は TR = 2~4R-R, TE_{eff} = 80 ms, ETS = 5 ms, FOV = 18~23 cm × 25 cm, matrix = 128 × 176 (Fine+), slab = 1.5~3 mm × 40 枚 (Fine Slice+), SPEEDR factor = 2, 冠状断面で、2D-TOF 法は TR = 1R-R, TE = 11 ms, FOV = 8~10 × 15~20 cm, matrix = 136~176 × 256, スライス 2~3 mm, 軸位断面で撮像した。

結 果

1. 血液、オイル、生食の信号強度の測定より、血液の tag のありとなしの信号強度の差は null point 近位の BBTI 600 ms の時に最大と

キーワード time-slip, BBTI, alternate, tag, delay time

なった。グラフより $TI=200\sim 1200$ ms 程度までは血管の観察の可能性が予想されたが、tag をかけていない血液の信号とオイルの信号は、BBTI 400 ms 近位で同じになり、それ以上ではオイルの信号は定常状態に近く高信号となる。オイルと血液の信号を分離するには BBTI 300 ms 以下が適することとなる。生食の信号もまた、BBTI 400 ms 位で同じになり、血液の信号を生食より分離するには BBTI は 400 ms 以上必要となる。これにより血液の信号を分離描出するにはオイルと生食の両方の信号を差別化する必要があり、サブトラクションが有用と考えられる。Time-Slip 法においては Alternate = on と設定する。

2. BBTI 800 ms の Alternate-off を Alternate-on と比較すると、Alternate-off の場合手掌の動脈は分離できていないように見える。これは MIP により実質部の信号に血管の信号が重なってしまったためで、原画には動脈が描出されており、数枚のみの partial-MIP をすると中手動脈が観察できた。Alternate-off の BBTI 600 ms を BBTI 800 ms と比較すると、血液のコントラストはついていますが、BBTI が短いと中手動脈が観察できない。より末梢まで観察するため Alternate-off の BBTI 600 ms の tag の位置を指先に変えたところ、固有指動脈の起始部のみ描出された。

3. Tag を付加するタイミング (delay time) による固有指動脈の描出の違いを見るために BBTI = 800 ms に固定し、脈派同期をかけたトリガからの delay を 0~300 ms まで変えて撮像した。Delay time が 0 ms と 100 ms では描出される動脈の長さに差が見られず、200 ms と 300 ms も変化が見られなかった。Delay time が 100 ms と 200 ms の間には大きな差があり、このことは tag を付加する時相と血流が流れるタイミングに関係があると思われた。(Fig. 1a)

上記より delay time の設定時間を収縮期 - 50 ms とし、必ず tag を付加した直後に収縮期が入るよう設定し、BBTI を 600~1600 ms まで変化させて撮像した。描出される血管は、TI を伸ばすにつれて延長していき、固有指動脈まで観察できた。Slice selective pulse が付加される時相によっては血流のアーチファクトが出てしまうが、末梢の血液の流速は遅いため、血管を観察するには十分と思われる。(Fig. 1b)

4. BBTI による描出の変化は、BBTI は血液の null point 近位の 600 ms で最もコントラストよく血管を描出できたが、固有指動脈を観察するには不十分であった。固有指動脈を描出するためには BBTI を 1000 ms 以上に伸ばす必要があったが、回復時間の影響も大きく、血管自身の信号強度も下がる結果となった。流れの遅い被検者を撮像すると考えると、ルーチン検査に加える場合 1000 ms 前後が妥当と思われた。

5. Labeling の位置による描出の違いを見るために、BBTI = 1400 ms と固定し、tag の幅も固定、付加する位置のみ変えて撮像した。固有指動脈の末梢を描出させるには BBTI を伸ばすことで可能であるが、同時に緩和時間の影響も受けるため、限界もある。流速の遅い被検者の末梢の血管を描出するために tag を付加する位置を末梢側に移動させて撮像した。

6. 負荷による固有指動脈の描出の違いは、BBTI = 1400 ms と固定し、血流を簡易的に遅くするため、第 2 指を輪ゴムで固定して撮像した場合と、保冷剤を用いて冷却後撮像した場合の画像を比較した。得られた画像より Time-Slip 法は明らかに流れる血液を描出していることがわかった。

7. 他の撮像法と比較すると、第 1 指の固有指動脈は Time-Slip 法が Flow-Spoiled FBI 法や 2D-TOF 法より末梢の動脈が描出されてい

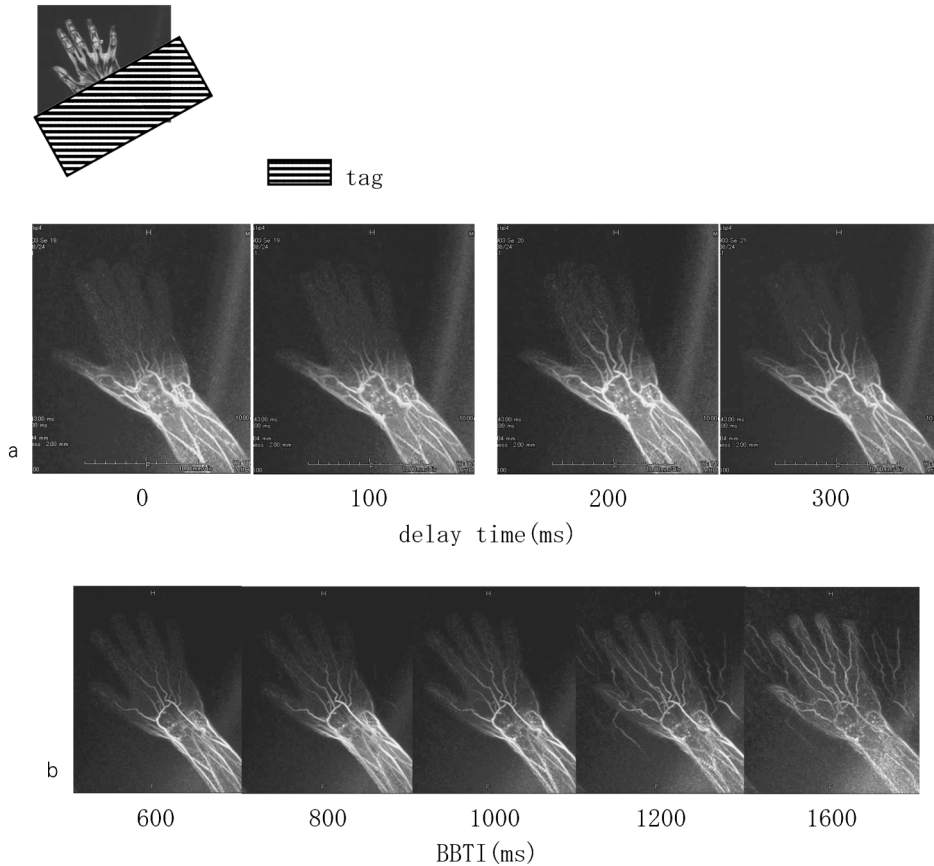


Fig. 1.
 a : It fixed to BBTI=800 ms, and the pulse group synchronization was applied, and delay from a trigger was changed and scanned to 0-300 ms.
 b : The set period of delay time was set to contraction phase-50 ms, and it set up so that a contraction phase might come immediately after certainly adding tag. And BBTI was changed to 600-1600 ms, and was scanned.

る。第2指から第5指の固有指動脈は、他の撮像法と比べて Time-Slip 法が最も血液の信号が高く、屈曲部や分岐部も明瞭に描出していた。末梢では Flow-Spoiled FBI 法の方が描出しているように見えるが、これは設定した TI が十分でなかったためと考えられる。第2指の MP 関節付近に注目すると、Time-Slip 法の方が、固有指動脈をより長く観察できる。

考 察

Time-Slip 法では、血液の信号強度は null point 近位の BBTI で最大となった。血液の微小な信号を脂肪や筋層などと分離するためには、サブトラクションは必須であり、Alternate=on が必要になる。

今回のような目的の血管の血流が極端に遅い場合、移動距離を画像化する Time-Slip 法においては、tag を付加するタイミングは、一気に

血液が流れる収縮期の直前のタイミングが良かった。従来発表されている頸部や胸腹部の血管撮像に比べると、slice selective pulse よりも tag を付加するタイミングを重視する必要があった。末梢まで動脈を描出するために BBTI を伸ばしすぎると、励起された血液が回復し血液の信号が低下するため、BBTI = 1000 ms 前後が妥当であった。極端に流れの遅い被検者に対しては、tag を付加する位置を遠位部に変えることで末梢の動脈を描出できた。簡易的に血流を遅くして負荷をかけた場合や症例により、Time-Slip 法は明らかに流れのある血液を描出していることが判った。

結 語

Time-Slip 法の血管の描出形態は Flow-Spoiled FBI 法と同様に屈曲している血管の描出に優れ、2D TOF 法と比較しても流速の遅い部分も BBTI の延長や、tag の位置を工夫することで描出することが可能であった。描出される血管の長さは、血流の速さによる移動距離を表し、BBTI に依存して変化する。Time-

Slip 法は、従来法に加え、各指の血流情報も画像に付加することが出来るが、それぞれの手法のもつ特徴は互いに補えない内容であり、今後手の血管を撮像する場合、目的に合った手法を選択する必要があると思われる。

本研究にご協力くださいました関係皆様に、心よりお礼申し上げます。

文 献

- 1) 飯田由美子, 諸星行男, 渡辺一廣, 他: Flow-Spoiled FBI の動静脈分離の検討. 日磁医誌 2004; 24 (suppl): 293
- 2) 飯田由美子, 諸星行男, 五十嵐幸子, 他: Flow-Spoiled FBI を用いた指の動脈描出の検討. 日磁医誌 2005; 25 (suppl): 287
- 3) 中村 豊, 伊藤栄治, 西村典子, 他: スポーツ選手の手指血行障害に対する評価. 日磁医誌 2006; 26 (suppl): 300
- 4) 五十嵐幸子, 飯田由美子, 渡辺一廣, 他: Time-Slip 法を用いた腹部血管分離能力の検討—FASE 法と SSFP 法の違い: 息止めから体動補正法まで. 日磁医誌 2006; 26 (suppl): 296
- 5) 古寺研一, 石飛幸三, 金田 智, 他. 末梢血管病変の画像診断. 医学書院, 1992; 5

Non-enhanced Artery Depiction of the Finger Using Time-Slip Method [Presidential Award Proceedings]

Yumiko IIDA¹, Sachiko IGARASHI¹, Akihisa SUGIYAMA¹,
Yukuo MOROHOSHI¹, Kazuhiro WATANABE¹, Takaharu ANDO¹,
Yutaka NAKAMURA², Noriko NISHIMURA³, Minako HIGASHI⁴,
Masao NAKAHASHI⁴

¹*Department of Radiology, Tokai University Oiso Hospital
21-1 Gakkyou, Oiso-cho, Nakagun, Kanagawa 259-0198*

²*Research Institute of Sport Medical Science, Tokai University*

³*Athletic Education Center, Tokai University*

⁴*Toshiba Medical Systems*

In the past, we have been reported visualization of the artery of the finger using flow-spoiled flesh blood imaging (FBI) technique without using contrast medium in this society.

In this study, we use time-spatial labeling inversion tag pulse (Time-SLIP) with peripheral-triggered 3 dimension half-Fourier single shot FSE for visualization of the artery of the finger.

Time-SLIP is one of the arterial spin labeling (ASL) techniques, that allows an alternative acquisition of a spatial-selective IR tag-on and tag-off pulse for separation of arteries from veins. The subtraction of the tag-on images from the tag-off images allows only the tagged images at the TI. All signals outside the tag region are subtracted but for the signal of blood that moved from tagged region. Using labeling pulse at the TI on null point of blood, the tagged image shows maximum signal intensity of the artery. The length of the artery from the tagged area depends on the speed of the blood flow of the artery, longer artery of the subtraction image means keeping faster blood flow. Using longer TI than null point of blood, subtraction images visualize longer artery, but the signal of blood become lower because of the T_1 relaxation of blood.

Inverting by a spatial-selective IR tag-on pulse on just before the excitation time of heart is important to visualize the longer artery of finger, because the TI that means moving period of blood is only 1000 ms.