

原著

## Magnetic Resonance Imaging (MRI) Time-Spatial Labeling Inversion Pulse 法( Time-SLIP 法)を用いた cerebral spinal fluid (CSF)撮影

新潟医療センター、放射線科；放射線技師<sup>1)</sup>、脳外科；医師<sup>2)</sup>

佐野 恵太<sup>1)</sup>、大橋 利弘<sup>1)</sup>、西山 健一<sup>2)</sup>

目的：CSF の動態経路は未知な部分が多いと言われてきた。東芝メディカルシステムズ Magnetic Resonance Imaging (以下 MRI) 独自のシーケンス・Time-Spatial Labeling Inversion Pulse 法(以下 Time-SLIP 法)を用い、脳脊髄液(cerebral spinal fluid 以下 CSF) の循環動態変化を観察する為、撮像手技を構築する。

方法：Time-SLIP 法の特性をよく理解する。動態観察する中脳水道・モンロー孔の適切な断面を得る。擬似的時間軸を用い、CSF の動態を観察する。選択的 Inversion Recovery Pulse (以下マーキングパルス) の適正な位置と厚の検討を行った。

成績：中脳水道・モンロー孔の適切な断面を決定し、CSF の動態を著明に観察できた。マーキングパルス厚の変化による動態CSFのコントラスト変化は30mm以上が著明であった。しかし、厚すぎる事によるパルス辺縁のボケが出る為、30mm厚のパルスが妥当と結論付けた。また、中脳水道断面においては、マーキングパルス厚を5mm程度と薄い設定にすることにより、信号は低下するものの拍動により上下動するCSFを観察することができた。

結論：中脳水道・モンロー孔を通るCSF動態の視覚的観察により、その流れは一方通行では無く、各脳室間でのCSFの交換がなされているものと思われた。今後は橋前槽やシルビウス裂などの循環動態等確かめたい。

キーワード：Time-SLIP、CSF、中脳水道、モンロー孔、マーキングパルス

### 緒言

水頭症発症の原因はCSFの循環障害にあるとされているが、現在でも水頭症発症時のCSF循環動態は明らかになっていない。CSF循環を観察すべく、動態撮影の構築が望まれた。

東芝メディカルシステムズMRI独自のシーケンスTime-SLIP法を用いることで、CSFの可視化が可能になった。CSFの撮像手技を構築し、循環動態変化の観察を試みた。

Time-SLIP 法の概要を簡単に記す。Time-SLIP 法は Inversion Recovery Pulse (以下 IR パルス) を用いて、血管を選択的に描出する方法である。CSF 撮影ではマーキングパルスを観察したい領域の上流に印加し、流れ出た CSF を視覚的に捉える手法である。非選択的 IR パルスを印加し撮影断面全体を反転させ低信号にし、その直後、マーキングパルスで印加された高信号を視覚的に捉える。ある任意の時間 (Black Blood Inversion Time ; 以下 BBTI) 後撮影することで、観察する領域に流出してくる CSF 信号をそれぞれの時間的断片として捉えることができる (図 1)。同じ撮影断面において、心電同期の R 波を基準に BBTI を変化させ撮影することにより、CSF の動態を擬似的に観察することができる手法である (図 2)。

撮影断面は、第 3 脳室と第 4 脳室間の中脳水道が最も描出される断面 (中脳水道断面 ; 図 3)、側脳室と第 3 脳室間のモンロー孔が最も描出される断面 (モンロー孔断面 ; 図 4) の 2 断面とし、適切な断面を得るための撮影手技を模索した。また、正確な動態を観察するには出来るだけ正確にマーキングパルスを印加する必要がある。その為の最適な印加位置とパルスの厚さを検討した。適切な撮影断面、適切なマーキングパルスの選択により CSF の動態を容易に観察することができ、一連のルーチン検査として構築した。

研究初期である為、検査件数が極端に少なく、今後の検査に期待される部分が多い。

## 対象と方法

### A. 対象

特発性正常圧水頭症における CSF 動態観察が最終目的であるが、手技を構築する為、健康人を対象に撮像した。

### B. 方法

1. 使用装置、使用機器、撮影条件を以下に示す。

#### 1) 使用装置

東芝メディカルシステムズ 1.5 テスラ MRI 装置 EXCELART Vantage

#### 2) 使用機器

MRI 用心電図電極

#### 3) 撮影条件

・撮影断面 (中脳水道断面・モンロー孔断面) の決定 :

テクニック Fast Advanced Spin Echo(以下 FASE) 3D、Repetition Time 3200msec、Echo Time 240msec、Flip Angle 90°、slice 厚 1mm、slice 枚数 20 枚、Matrix 384×384、field of view 22×22mm、scan time 1 分 14 秒

・CSF 撮影 (中脳水道断面・モンロー孔断面) :

テクニック Time-SLIP 併用 FASE 2D、

Repetition Time 約 12000msec、Echo Time 80msec、

Flip Angle $90^{\circ}$ 、slice 厚 5mm、slice 枚数 1 枚 $\times$ 20 回、Matrix $256\times 256$ 、  
field of view $26\times 26$ mm、ゲートモード ECG、BBTI 初期値 1500msec、  
BBTI 繰り返し時間 200msec、scan time 約 4 分

## 2. 手技

### 1) 撮影断面の決定

- ・中脳水道断面：FASE 3D 矢状断を撮影。中脳水道が最もよく描出されている断面を選択する。
- ・モンロー孔断面：左右のモンロー孔を 1 断面で描出するため、モンロー孔付近の水平断 FASE 3D を撮影し、左右モンロー孔が描出される断面、かつ中脳水道決定断面撮影である矢状断 FASE 3D 画像より、左右モンロー孔に平行となる冠状断を設定し撮影する。左右対称となったモンロー孔が最もよく描出されている断面を選択する。

### 2) CSF 動態撮影

- ・中脳水道断面：第 3 脳室、中脳水道を含む第 4 脳室各々にマーキングパルスを印加し、心電同期の R 波を基準に BBTI を 200msec ずつ変化させ撮影し、シネ view にて CSF 動態を観察する。
- ・モンロー孔断面：側脳室、第 3 脳室に各々マーキングパルスを印加し、心電同期の R 波を基準に BBTI を 200msec ずつ変化させ撮影し、シネ view にて CSF 動態を観察する。
- ・マーキングパルスの厚さを検討する為、中脳水道断面を使用し、マーキングパルス厚を 5mm、10～50mm まで 10mm ずつ変化させ撮影した。

## 結果

中脳水道・モンロー孔の適切な断面を決定し、各脳室間を流れる CSF 動態を著明に観察することができた。中脳水道断面において、マーキングパルスを第 3 脳室に印加すると中脳水道・第 4 脳室へ流れる CSF (図 5)、中脳水道を含む第 4 脳室に印加すると第 3 脳室へ流れる CSF (図 6) が各々観察された。モンロー孔断面において、マーキングパルスを側脳室に印加すると第 3 脳室へ流れる CSF (図 7)、第 3 脳室に印加すると側脳室へ流れる CSF (図 8) が各々観察された。マーキングパルス厚の変化による画像への影響は、各厚で CSF は描出されたが、マーキングパルス厚が厚いほど、印加される CSF の量が多くなり、動態 CSF のコントラストは顕著となった。しかし、パルス辺縁に厚すぎることによるスライス特性のボケが生じる結果となった。

## 考察

MRI 装置と撮影シーケンス Time-SLIP 法を用い、解剖学的観点から撮影手技を検討し、簡易的に CSF の動態を観察できる検査を構築した。

マーキングパルスの印加位置と観察部位を互いに代えることにより、各脳室間において CSF の流れは一方通行ではなく、拍動により CSF の交換が行われている事が推測された。

マーキングパルス厚はスライス特性や信号強度を考慮した結果、30mm 厚が妥当と結論づけた。中脳水道断面では、信号強度より動態観察を優先する場合において、マーキングパルス厚を極薄い 5mm 厚に設定し、第 3 脳室中脳水道入口部付近にすることにより、一回の撮影で第 3 脳室と中脳水道への流れが十分観可能であると考え (図 9)。

今後は橋前槽やシルビウス裂など、CSF の交通箇所を把握するための撮影手技を構築し、臨床的意義と結びつけていきたい。

文献：

1. 山田晋也. 特発性正常圧水頭症 iNPH と脳脊髄液 hydrodynamics. 脳 21 2011 ; 14(2) : 164-9.

英語抄録

Original article

New Imaging Technique for Cerebral Spinal Fluid (CSF) with Time-Spatial Labeling Inversion Pulse method (Time-SLIP method) on Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Niigata medical center, Department of radiology; radiological technologist<sup>1)</sup>, Diabetes center; brain surgery<sup>2)</sup>

Keita Sano<sup>1)</sup>, Toshihiro Oohashi<sup>1)</sup>, Kenichi Nishiyama<sup>2)</sup>

Objective: It has been said that the dynamic course of the CSF was unclear. The imaging procedure to observe circulatory dynamic change of the cerebrospinal fluid (CSF) was done by Magnetic Resonance Imaging (MRI, Toshiba Medical Systems Co.) and Time-Spatial Labeling Inversion Pulse method (Time-SLIP method).

Study design: After understanding characteristics of the Time-SLIP method well, the

appropriate sections of the aqueduct of midbrain and Monroe's foramen were decided.

Using pseudotemporal axes, we observed dynamics of the CSF. The reasonable position and thickness of selective Inversion Recovery Pulse (marking pulse) were obtained.

Results: We determined the appropriate sections of the aqueduct of midbrain and the Monroe's foramen, which were able to observe dynamics of the CSF accurately. As for the contrast change of the dynamic CSF by the change of the marking pulse thickness, 30mm or more were suitable. However, we concluded that the pulse of 30mm thickness was proper because the blur of the pulse margins appeared with increasing thickness. Also, in the aqueduct of midbrain section, the signal was able to observe the CSF movement at 5mm thickness in spite of decreased pulse.

Conclusion: There was not only the one-way flow but also the bidirectional one, which allowed an efficient exchange of CSF among cerebral ventricles. We want to check circulatory dynamics in the pontocerebellar cistern and the fissure of Sylvius in future.

Key words: Magnetic Resonance Imaging (MRI), Time-Spatial Labeling Inversion Pulse method (Time-SLIP method), Cerebral Spinal Fluid (CSF), cerebral aqueduct, foramen of Monroe, Marking Pulse

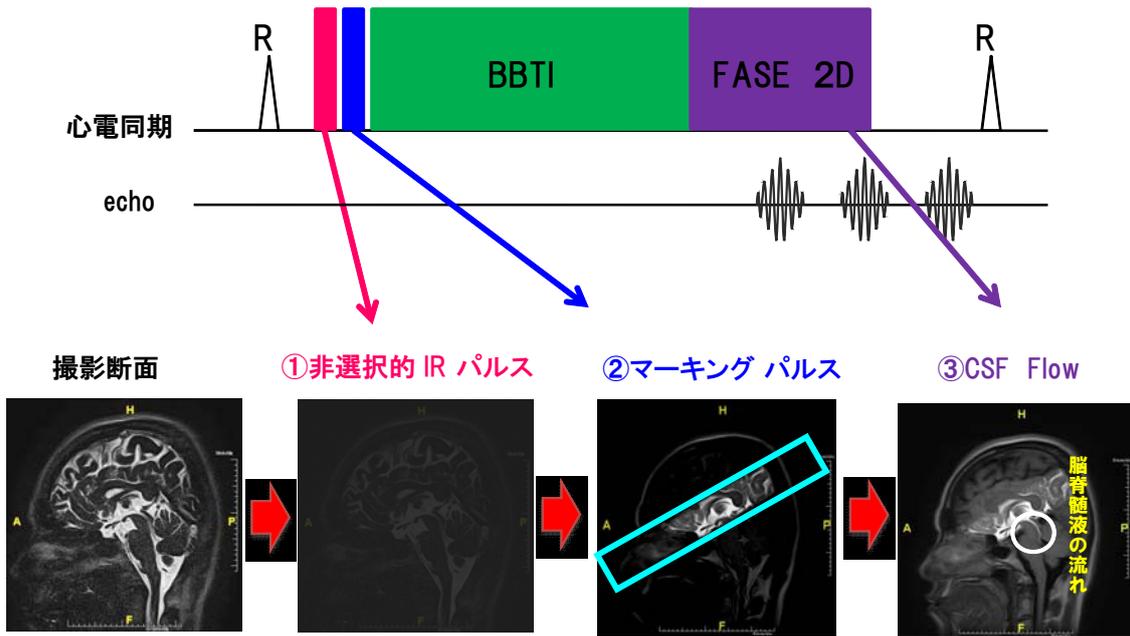


図1. ①撮影断面全体に非選択 IR パルスを印加、直後②観察領域上流にマーキングパルス印加、BBTI 後信号収集し③マーキング部より流れ出る CSF が描出される、略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

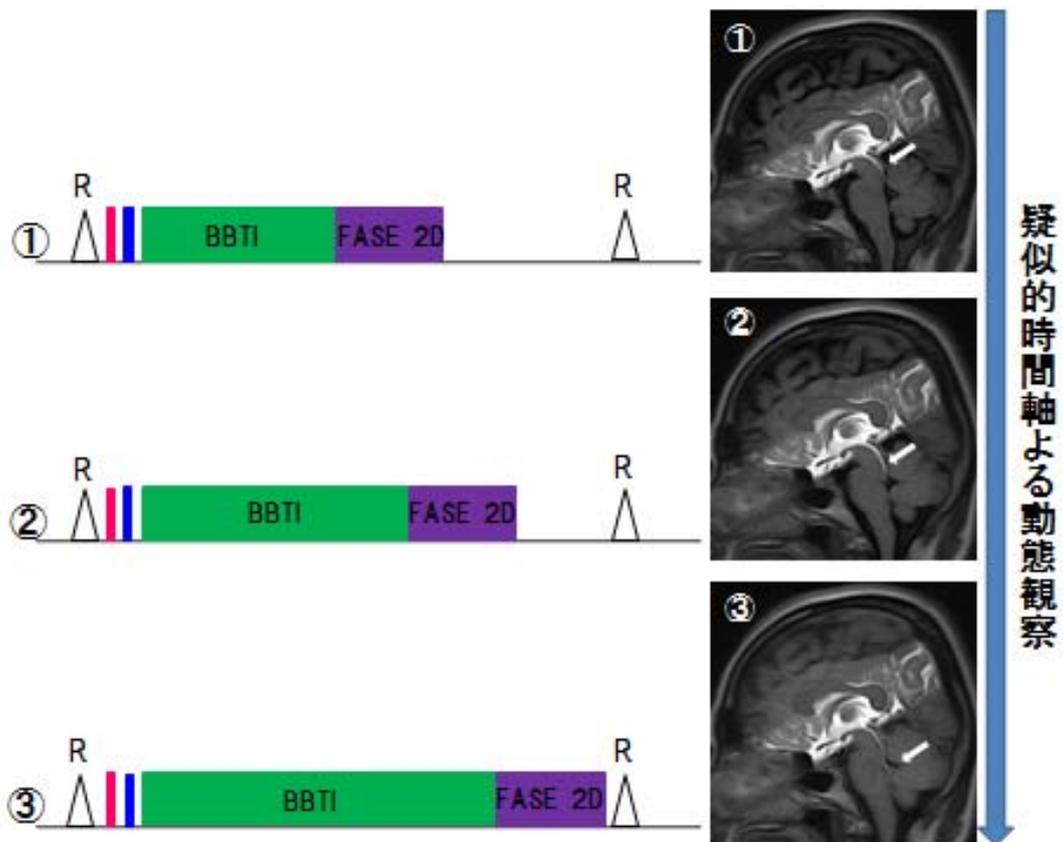


図2 同一断面において BBTI を変化させ撮影することにより、擬似的に CSF 動画を得る、略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

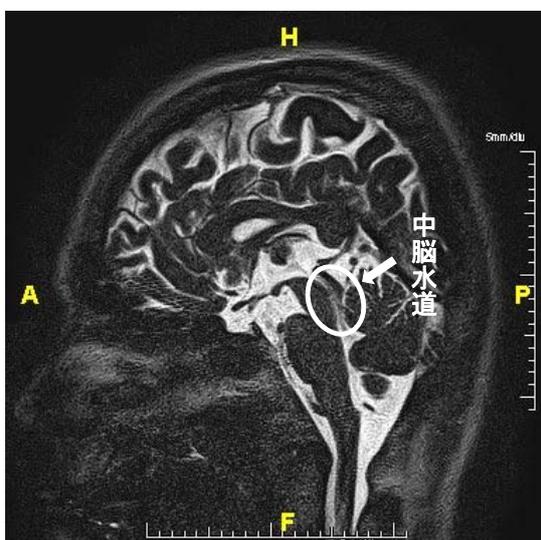


図3 中脳水道断面

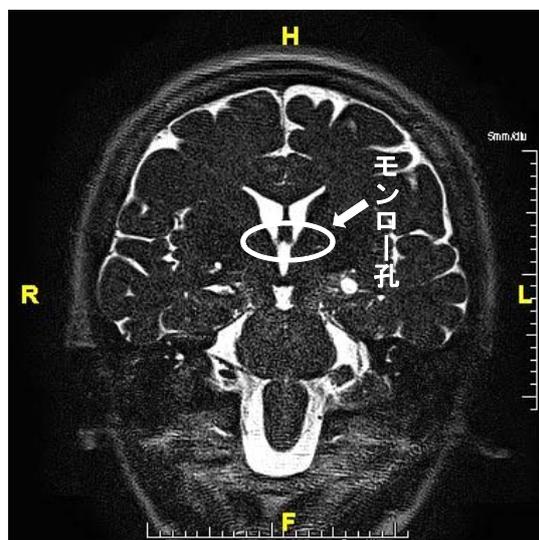


図4 モンロー孔断面

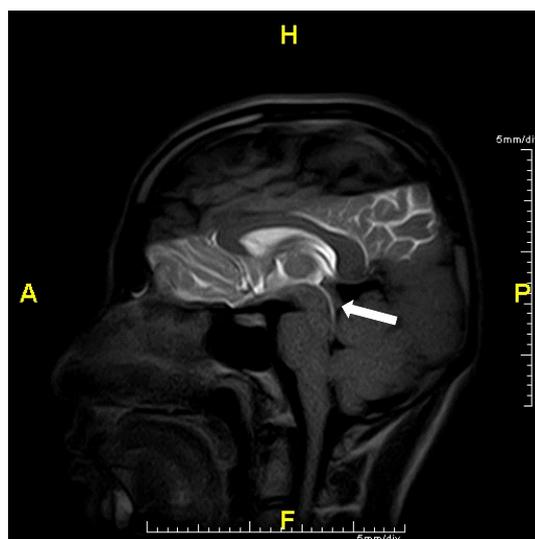
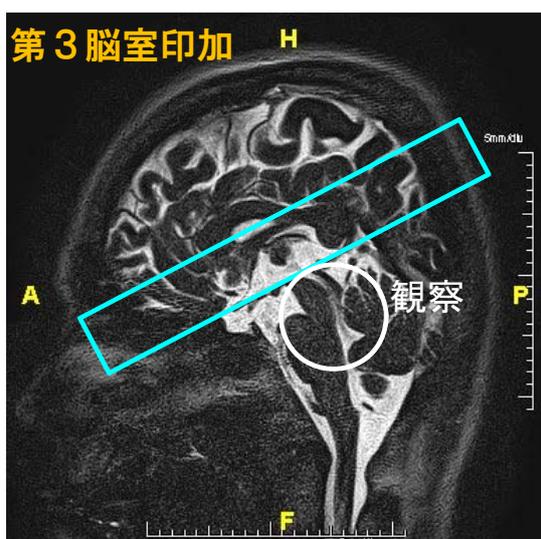


図5 左: 第3脳室にマーキングパルスを印加し、中脳水道に流れる CSF を観察する。右: 第3脳室から中脳水道へ流れる CSF (矢印), 略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

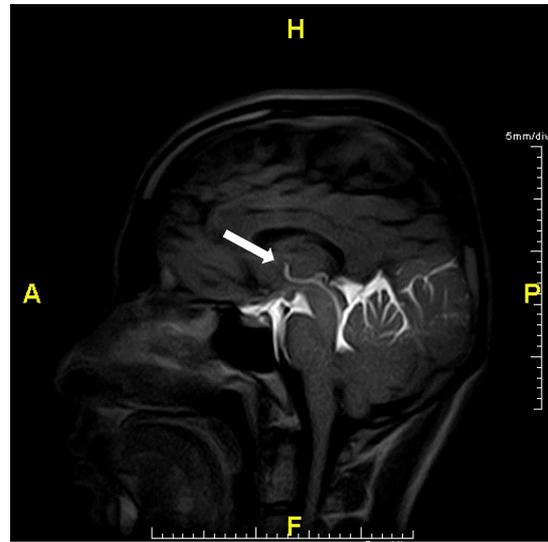
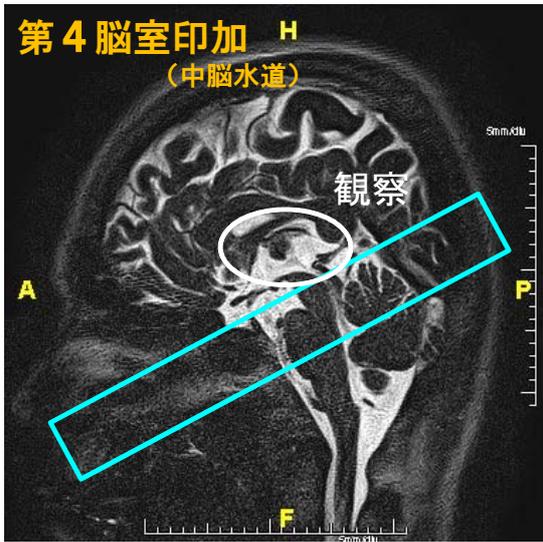


図6 左：中脳水道にマーキングパルスを印加し、第3脳室を観察する。右：中脳水道を含む第4脳室から第3脳室へ流れる CSF (矢印)、略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

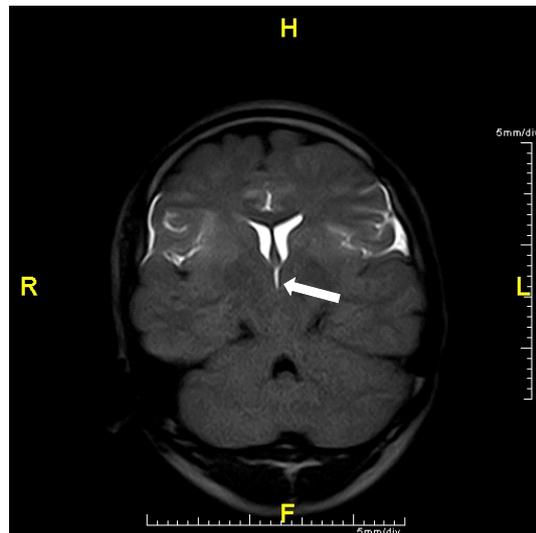
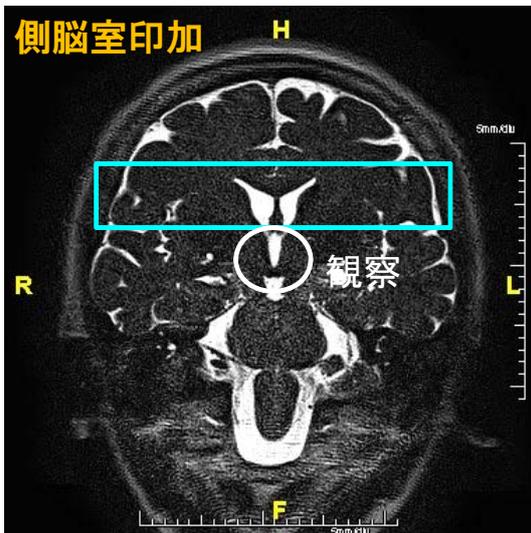


図7 左：側脳室にマーキングパルスを印加し、第3脳室を観察する。右：側脳室から第3脳室へ流れる CSF (矢印)、略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

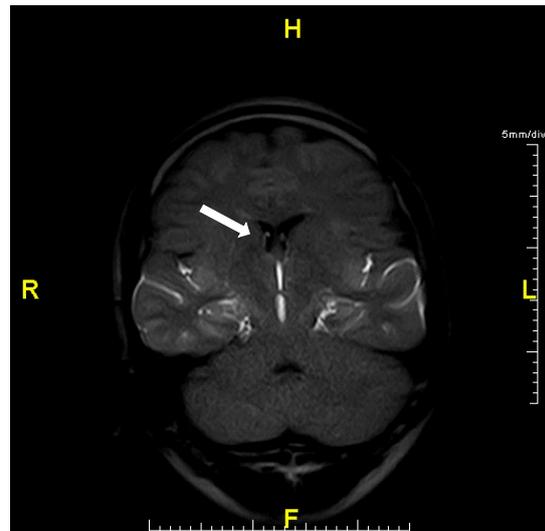
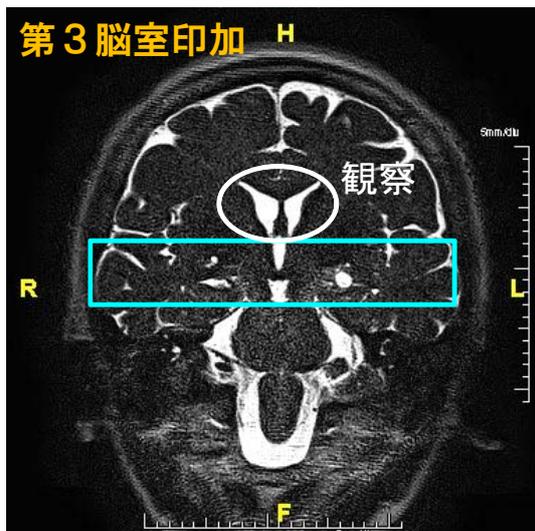


図8 左：第3脳室にマーキングパルスを印可し、側脳室を観察する。右：第3脳室から側脳室へ流れる CSF (矢印)，略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

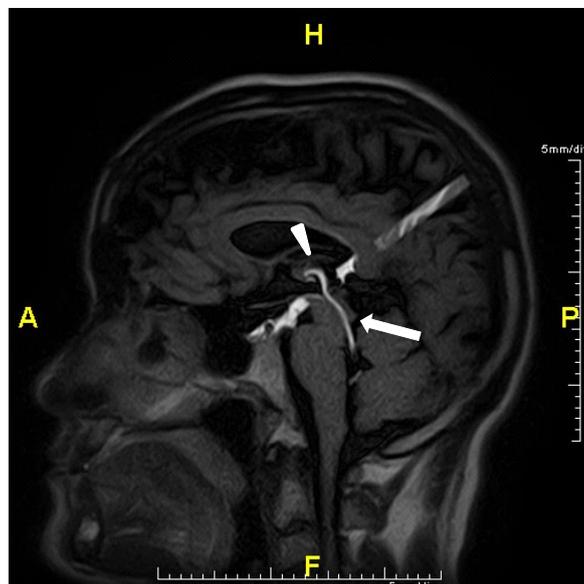


図9 マーキングパルス厚 5mm：中脳水道 (矢印) と第3脳室 (矢頭) へ流れる CSF が一度で観察される，略語は、略語と用語定義一覧表を参照。

略語と用語定義一覧表

MRI	Magnetic Resonance Imaging	磁気共鳴画像
Time-SLIP	Time-Spatial Labeling Inversion Pulse	MRI非造影撮像手技
CSF	cerebral spinal fluid	脳脊髄液
IR Pulse	Inversion Recovery Pulse	反転回復パルス
BBTI	Black Blood Inversion Time	任意の時間
非選択的IRパルス	画像全体に印加されるIR Pulse	
選択的IRパルス	マーキングパルス 画像中の任意な部分に印加可能なIR	

(2012/12/04 受付)