

拡散強調磁気共鳴画像に基づく側脳室内脳脊髄液温度測定： 解析方法とその応用 [大会長賞記録]

酒井 晃二¹， 山田 恵²， 赤澤健太郎²， 杉本直三¹

¹京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻情報理工医療学講座

²京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学

目 的

拡散強調画像（DWI）を利用した側脳室内脳脊髄液（CSF）の平均温度を計測する手法が提案されている¹⁾が、算出に用いる閾値はユーザが主観的に設定しなければならないという問題があった。そこで、我々は側脳室内の温度分布に基づいた客観的な閾値設定方法を開発することを目的とした。開発された方法を用いて、健常者の平均脳室内温度²⁾、加齢に伴う脳深部温度の変化、moyamoya 病患者への適用³⁾を試みた。

方 法

23 名（年齢 26～75 歳，平均 50 ± 19 SD）の健常者の拡散強調画像（DWI）を計測して、温度測定に用いた。水分子の拡散係数（D）と温度（T）とは次式のような関係をもつ⁴⁾： $T (^{\circ}\text{C}) = 2256.74 / \ln(4.39221/D) - 273.15$ 。そのため、CSF の温度は DWI により計測することができる。側脳室は DWI のうち、 $b=0$ 画像から手抽出され、放射線科医に確認されたものを用いた。側脳室内の温度分布を曲線近似し、第一微分係数が 0 となる点から上側と下側の閾値を決定した。側脳室の平均温度は、決定された閾値間の平均値とした。鼓膜温度、主観的閾値設定による温度を計測し、提案手法と比較

した。また、提案手法を用いた加齢に伴う脳深部温度の変化の検討には、45 名（年齢 19～56 歳，平均 31 ± 9 SD）の健常者の DWI 計測結果を用い、moyamoya 病患者（12 名，年齢 16～48 歳，平均 34 ± 11 SD）は、10 名（年齢 19～56 歳，平均 34 ± 10 SD）の健常者と比較した。

結 果

提案手法による平均側脳室温度は、鼓膜温度および主観的閾値設定による温度よりも 1°C 程度高く観測された。健常者における平均側脳室温度は、加齢に伴い直線的に低下した（相関係数 $R^2 0.8879$ ， $p\text{-value} < 0.01$ ）。これらは、脳代謝と CBF の非同時減少によるものと推察された。Moyamoya 病患者の平均側脳室温度は健常者と比較して、 1.0°C 程度高く（ $p\text{-value} = 0.02$ ）観測された。

結 言

提案手法により、DWI を用いてより客観的に平均側脳室温度が得られるようになった。さらに、一般的にルーチン測定に含まれるようになってきた DWI を用いて、代謝や病態の簡便な観測の可能性が示された。コンソール内での実現など、より手軽に利用できる環境の整備が今後の目標となる。

キーワード brain, diffusion-weighted image, lateral ventricle, temperature

文 献

- 1) Kozak LR, Bango M, Szabo M, et al. : Using diffusion MRI for measuring the temperature of cerebrospinal fluid within the lateral ventricle. *Acta Paediatr* 2010 ; 99 : 237-243
- 2) Sakai K, Yamada K, Mori S, et al. : Age-dependent brain temperature decline as assessed by diffusion-weighted imaging thermometry NMR *Biomed* 2011 ; 24 : 1063-1067
- 3) Yamada K, Sakai K, Akazawa K, et al. : Moyamoya patients exhibit higher brain temperatures than normal controls. *Neuroreport* 2010 ; 21 : 851-855
- 4) Mills R : Self-diffusion in normal and heavy-water in range 1-45 degrees. *Phys Chem* 1973 ; 77 : 685-688

**Estimating Deep Brain Temperature by DWI Thermometry:
Analytical Method and Applications [President Award Proceedings]**

Koji SAKAI¹, Kei YAMADA², Kentaro AKAZAWA²,
Naozo SUGIMOTO¹

¹*Department of Human Health Science, Graduate School of Medicine, Kyoto University
53 Shogoin-Kawara-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8507*

²*Department of Radiology, Graduate School of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine*

The post processing of diffusion-weighted imaging (DWI) might be the most clinically applicable method for assessing brain temperature. Although the method is only applicable to nonrestricted water, it is thought to be potentially useful for assessing the thermal pathophysiology of the brain. We developed a new calculation method that does not require a user-dependent threshold. We calculated the mean ventricular temperature of 23 healthy subjects using the 4 methods and compared them with measured tympanic temperature. The histogram curve-fitting method seemed to yield more appropriate temperatures, using tympanic temperature as a reference. Consequently, we applied the histogram curve-fitting method to normal brain aging and patients with Moyamoya disease.