脳拍動の心周期 ADC 変化に及ぼす作用：bulk motion 補正拡散傾斜磁場を使用した解析 [大会長賞記録]

岡本里穂¹, 宮地利明¹, 大野直樹¹, 保田侑哉¹,
上原正知², 矢川 遼¹, 上田 優³, Marc Van Cauteren³,
間瀬光人⁴, 蒲田敏文¹, 小林 聡¹

¹金沢大学大学院医薬保健学総合研究科

²沖縄県立南部医療センター・こども医療センター

³Philips Healthcare BIU MR, Asia Pacific ⁴名古屋市立大学大学院医学研究科

背景と目的

臨床画像の定量性の向上が一層必要とされており、MRI の拡散強調像から取得する見かけの拡散係数 (ADC) も同様である¹⁾。脳の拍動は、心周期中に MRI による ADC 測定値を変化させる^{2),3)}。この変化には主に 2 種類の機序が考えられ、1 つは脳実質の bulk motion であり、もう 1 つは脳の拍動を外力として脳実質内の水分子が揺り動かされること (水分子の揺動)⁴⁾であるが、両者の寄与は明らかにされていない。そこで bulk motion 補正拡散イメージングを使用して、心周期における脳の ADC の変化を解析した。

方 法

静磁場強度が 3.0T の MRI (Philips Healthcare) において心電同期拡散エコープラナー法を使用し、健常ボランティアの心周期における脳の ADC 画像 (b 値は 0, 200 および 1000 s/mm²) を取得した。Bulk motion を補正しない拡散傾斜磁場 (non-MC) と、1 次および 2 次までの bulk motion 補正した拡散傾斜磁場 (1st-MC および 2nd-MC) を使用した^{5),6)}。次に、心周期中の最大および最小 ADC を使用して、脳組織の ADC 変化率を求めた。そして 0 および 200 s/mm² の b 値 (b₀₋₂₀₀) と、200

および 1000 s/mm² の b 値 (b₂₀₀₋₁₀₀₀) について、non-MC, 1st-MC および 2nd-MC の間で ADC 変化率を比較した。

結 果

1st-MC と 2nd-MC を使用したにも関わらず、心周期において脳の白質の ADC に変化がみられた。non-MC, 1st-MC および 2nd-MC の ADC 変化率は、b₀₋₂₀₀ と b₂₀₀₋₁₀₀₀ で有意差は認められなかった (すべて $P > 0.05$)。b₀₋₂₀₀ での ADC 変化率は、non-MC, 1st-MC, 2nd-MC を使用した b₂₀₀₋₁₀₀₀ での変化率よりも有意に大きかった (すべて $P < 0.01$)。

結 論

心周期において脳実質の ADC が変化する主因は、脳拍動自体の bulk motion ではなく脳の拍動によって生じる水分子の揺動である可能性が高い。

謝 辞

本研究に協力頂いた荻野徹男氏 (Philips Healthcare) に深謝します。また本研究は JSPS 科研費 19K08147 の助成を受けたものです。

キーワード diffusion imaging, apparent diffusion coefficient (ADC), brain pulsation, bulk motion, motion compensation

文 献

- 1) Shukla-Dave A, Obuchowski NA, Chenevert TL, et al. : Quantitative imaging biomarkers alliance (QIBA) recommendations for improved precision of DWI and DCE-MRI derived biomarkers in multicenter oncology trials. J Magn Reson Imaging 2019 ; 49 : e101-e121
- 2) Ohno N, Miyati T, Mase M, et al. : Idiopathic normal-pressure hydrocephalus : temporal changes in ADC during cardiac cycle. Radiology 2011 ; 261 : 560-565
- 3) Takatsuji-Nagaso M, Miyati T, Ohno N, et al. : Hemodynamically self-corrected Δ ADC analysis in idiopathic normal pressure hydrocephalus. Br J Radiol 2019 ; 92 : 20180553
- 4) Ishida S, Miyati T, Ohno N, et al. : Influence of blood flow on intracranial water fluctuation : a phantom study. Proc ISMRM 2015 ; 23 : 2903
- 5) Ogino T, Miyati T, Van Cauteren M, et al. : Diffusion weighted imaging of in-vivo heart with 2nd moment nulling diffusion gradient. Proc ISMRM 2014 ; 22 : 4443
- 6) Stoeck CT, von Deuster C, Genet M, et al. : Second-order motion-compensated spin echo diffusion tensor imaging of the human heart. Magn Reson Med 2016 ; 75 : 1669-1676
- 7) Ohno N, Miyati T : Current status of fluctuation magnetic resonance imaging. Medical Imaging and Information Sciences 2015 ; 32 : 33-36

Effect of Brain Pulsation on ADC Change During Cardiac Cycle : Analysis Using Bulk-Motion-Compensated Diffusion Encoding [Presidential Award Proceedings]

Riho OKAMOTO¹, Tosiaki MIYATI¹, Naoki OHNO¹,
Yuya YASUDA¹, Masatomo UEHARA², Ryo YAGAWA¹,
Yu UEDA³, Marc VAN CAUTEREN³, Mitsuhiro MASE⁴,
Toshifumi GABATA¹, Satoshi KOBAYASHI¹

¹Graduate School of Medical Sciences, Kanazawa University
5-11-80 Kodatsuno, Kanazawa, Ishikawa 920-0942

²Okinawa Prefectural Nanbu Medical Center & Children's Medical Center

³Philips Healthcare BIU MR, Asia Pacific

⁴Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences

We analyzed changes in apparent diffusion coefficient (ADC) during the cardiac cycle of the brain using bulk-motion-compensated diffusion imaging. ADC changes during the cardiac cycle were predominantly caused by water molecule fluctuations due to brain pulsation rather than the bulk motion of the brain parenchyma.