

445 拡散係数画像と粘度の関係

○須藤高行・鈴木道晴・五十嵐均・小山一郎・白石明久¹⁾

群馬大学医学部附属病院・放射線部

1) 群馬県立医療短期大学・放射線学科

【目的】拡散画像は、体内組織の水のブラウン運動を反映した画像で急性期脳梗塞の診断に応用されている。急性期脳梗塞では早期より細胞毒性浮腫が進行し、水拡散能が低下することが知られている。その原因の一つとして細胞内の微小管の構造解離や細胞内器官の破壊などによる細胞内粘度の上昇が挙げられる。そこで、今回我々は、牛血清アルブミン(以下 BSA)とポリビニルピロリドン(以下 PVP)を試料とし、その粘度と拡散画像の関係を調べたので報告する。

【装置、器具、試料】1) SIGNA Horizon Lx 1.5T: GE 社 2) MR Vision 1.4.5: 株式会社エスエスシステム³⁾ 3) RE80 型粘度計: 東機産業株式会社 4) VM150III低温循環恒温槽: 東機産業株式会社 5) C I-310 恒温培養器: 株式会社東洋製作所 6) TN-2 ナスタ温度計: UCHIDA 株式会社 7) ファントム 4.45l, 20ml 円柱ポリレンビ容器 8) 試料 イ) C10-1585 Ager Powder (寒天) 牛血清アルブミン Bovin Serum Albumin (BSA) ポリビニルピロリドン Poly Vinyl Pyrrolidone PBS (P:リン酸, B:緩衝液, S:NaCl): 和光純薬工業株式会社 ロ) JIS Z 8809 粘度校正用標準液: 日本ゲルマ株式会社

【方法】1) BSA, PVP 濃度と粘度の関係 イ) BSA: 0.70×10^{-3} , 2.20×10^{-3} , 3.68×10^{-3} , 5.15×10^{-3} , 5.88×10^{-3} mol/l PVP: 1.25×10^{-3} , 3.75×10^{-3} , 6.25×10^{-3} , 8.75×10^{-3} , 1.00×10^{-2} mol/l ム濃度の BSA, PVP を作製する。ロ) 25°C 一定温度において標準液にて校正後、イ) の試料の粘度を測定する。ハ) 温度を 36°C に変化し、ロ) と同様な方法で粘度を測定する。ニ) 25°C, 36°C における BSA, PVP 試料の濃度と粘度の関係を調べ検討する。2) 温度と粘度の関係 イ) 20°C ~ 38°C まで 2°C ずつ温度を上昇させ、1) イ) 試料の粘度を測定する。ロ) BSA, PVP 試料の温度変化による粘度の関係を調べる。3) MRI 撮像 イ) ファントム作製 4.45l の容器に 5%濃度の寒天をいれベースとし、その中に、1) イ) の試料を封入した 20ml の容器を入れ、MRI 撮像用ファントムを作製する。ロ) 拡散強調画像、拡散係数画像 (ADC) の撮像 ファントム撮像条件 Head Coil SE/EPI 法 TR5000msec TE102msec FOV22×22cm Slice Thickness 7.0mm Spacing 2.0mm RBW 91KHz Nex1.0 Option=VB Ramp Sampling(+) b-Factor=0,400,700,1000 にて 25°C, 36°C の温度条件にてファントムを撮像した。ハ) 粘度・温度と拡散 (強調, 係数) 画像の関係を検討する。

【結果】1) 25°C, 36°C における標準液粘度は、7.06, 5.1 で校正した。2) BSA, PVP モル濃度と粘度の関係 (25°C, 36°C) 5.15×10^{-3} mol/l までは、BSA, PVP のモル濃度が高くなるにつれ粘度は増し、その増加の仕方はほぼ同様の傾向を示した。しかし、モル濃度 5.15×10^{-3} mol/l と 5.88×10^{-3} mol/l では BSA の粘度はあまり変化しなかった。3) 温度変化による BSA, PVP の粘度の関係 温度が高くなるにつれ BSA, PVP の粘度は低くなり、BSA, PVP のモル濃度が高いほど粘度変化は温度に影響される。4) 粘度、温度と拡散強調画像の関係 ①PVP の場合、25°C b-Factor=400 を除いて拡散強調画像信号強度は粘度が高くなるに従い大きくなり、T2W image とは逆の傾向となる。また、25°C の方が、36°C より信号強度が約 70% 高かった。②BSA の場合、PVP のように粘度と拡散強調画像信号強度に相関は見られなかった。しかし、粘度が高くなるに従い信号強度は小さくなる傾向は見られた。尚、温度による信号強度比は PVP 同様に 25°C の方が、約 70% 高かった。5) 粘度と拡散係数画像 (ADC) の関係 b-Factor=0 の信号強度を S0, b-Factor=400,700,1000 の信号強度を S1 とした時の、 $\ln(S0/S1)$ より求めた。拡散係数および画像は、BSA, PVP 共に粘度が高い方が小さい値となった。

【考察および結語】1) 粘性は、分子量・結合の仕方・粒子径・温度など複数の要因によって決定づけられる。今回実験した BSA, PVP の分子量・粒子径および結合を考えると、BSA 分子量 68000 ヲパク結合 約 $30 \mu\text{m}$ PVP 分子量 4000 重合結合 約 $51 \mu\text{m}$ である。ム濃度 5.15×10^{-3} mol/l 以上で BSA の粘度が変化しなかったのは、今回使用した粘度測定器が $12 \mu\text{m}$ のギャップ間のずり応力とずり速度の値から求めているため、比較的不安定な BSA の ヲパク結合が破壊されてしまうためだと思われる。粘度はム濃度と温度に影響されることが確かめられた。2) 一般的に拡散係数は下式より表され粘度と温度に関係する。 $D = kT / 6\pi\eta R_n$ k: ボルツマン定数 η : 物質の粘性抵抗 T: 絶対温度 R_n : 粒子の半径 拡散強調画像と拡散係数画像は、この理論を基している。両者の関係は、拡散が大きければ拡散強調画像で低信号、拡散係数画像で高信号となる。PVP ではこのような傾向を示したが、BSA では拡散強調画像では不安定な画像を呈した。しかし、拡散係数画像では安定していた。この理由として考えられることは、磁場の不均一性、重合結合と ヲパク結合によるプロトンの不安定性などが考えられるが、正確な原因は不明である。しかし、超急性期脳梗塞の細胞毒性浮腫は種々の ヲパク質が含まれているため、臨床応用には、拡散強調画像、拡散係数画像、T2W image の画像より診断することが必要と思われる。