

# Body DWIにおけるNSAの再検討

## - NSAの増減がADC測定に及ぼす影響 -

北福島医療センター 放射線技術科 ○丹治 一(Tanji Hajime)

高槻 香苗 八巻 智也 明珍 雅也 高橋 悠馬 木村 恵美莉 宗川 高広

### 【背景】

single-shot spin-echo echo planar imaging(SS\_SE EPI)を用いたdiffusion weighted image(DWI)におけるNSA(number of sample[signals] averaged)は、画像上の相加平均処理であり、信号強度に寄与しないことが知られている。よって、ADC(apparent diffusion coefficient)測定において、測定の起点(b印加前或いは低b値)となる画像の収集と、測定点(高b値)となる画像収集のNSAが異なっても、ADCは変わらないものとして取り扱われ、実際の臨床検査でも、この特徴を活かした撮像収集が行われることがある。

別に実施した上腹部DWIにおけるNSAの効果に関する検討の結果<sup>1)</sup>では、肝臓のDWIは、心拍動や呼吸動、血液流などが複雑に関与して臓器信号の損失や低下が起こりやすく、その頻度は肝右葉で42.68%(自由呼吸)32.31%(呼吸同期)~42.68%(自由呼吸)の確立で生じることがわかった。(肝左葉は86.3%~87.8%)また、この現象はNSAによって著明に改善し、肝右葉ではNSA20回程で概ね回復することが判明した。これらの結果から、上腹部DWIでは、NSAの変化によって信号強度のバラツキが大きく生じ、ADCの測定精度にも影響を及ぼすことが懸念された。

### 【目的】

生理的運動の影響を受ける上腹部DWIにおいて、NSAの変化がADC測定に及ぼす影響を検討した。

### 【方法】

- \* 使用装置はPhilips社製3.0T MRI、検討対象は男性1名(40歳代)、女性2名(20歳代)の健常ボランティア<sup>2)</sup>である。撮像条件はTR2500 ms, TE70 ms, FOV320 mm, TH5 mm, Slice15, Matrix 80×56, SENSE\*2.5, SPIR(+), SSGR(+)。ADCの測定起点は日常臨床と同じ $b=0$  s/mm<sup>2</sup>を使用。測定点は $b=1000$  s/mm<sup>2</sup>とした。
- \* 肝臓S5域、S6域、S7域、S8域の4点にROIを取って信号強度を測定。mono exponentialな測定式から肝臓右葉のADCを求めた。測定のNSAは1回(15 sec)~20回(3 min 22.5 sec)である。生理運動の制御に呼吸同期を用いた場合と、何も行わずに自由呼吸下で得た場合で測定を行った。
- \* 以上の方法から下記の検討を行った。
  - ① NSAの増減に伴うADCの変化
  - ② 呼吸制御(呼吸同期・自由呼吸)との関係
  - ③ 異なるNSAの $b=0$  s/mm<sup>2</sup>画像と $b=1000$  s/mm<sup>2</sup>画像から求めたADCと、同一NSAから求めたADCの変化

### 【結果①②(母集団=全検討値)】

- \* 被験者3名、測定位置(4点)、呼吸制御(有・無)、NSA数(1~20)の違いを内包した母集団による肝右葉の平均ADCは $1.34 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、変動係数CVは0.103であった。
- \* 母集団のNSAを1回と2回に限定した場合、平均ADCは $1.37 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.121であった。同様にNSAを10回と20回に限定した場合、平均ADCは $1.31 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/secと低下、また、CVは0.0716と低減した。Wilcoxon検定による比較では非有意( $p>0.10$ )であった。
- \* 母集団を呼吸同期と自由呼吸に分離した場合、呼吸同期での平均ADCは $1.30 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.0738であった。自由呼吸での平均ADCは $1.37 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.1123であった。ADCは呼吸同期で低値を示し、バラツキも少ない結果であった。Wilcoxon検定による比較において有意差が認められた( $p<0.05$ )。
- \* NSA1回と2回の低NSA群のみを抽出し、呼吸同期と自由呼吸で比較した場合、呼吸同期での平均ADCは $1.32 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.0772であった。自由呼吸では平均ADCが $1.42 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.1419であった。同様に、NSA10回と20回の高NSA群のみを抽出し、呼吸同期と自由呼吸で比較した場合、呼吸同期での平均ADCは $1.30 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.0691であった。自由呼吸では平均ADCが $1.33 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/sec、CVは0.0753であった。この両方でADCは呼吸同期の方が低く、バラツキが少ない傾向を示した。この場合、いずれ

の比較でも非有意であった( $p=0.35 > 0.07$ )。

- \* 母集団を呼吸同期群と自由呼吸群に分離、各々において低NSA群(1・2回)と、高NSA群(10・20回)のADCを比較すると、呼吸同期における低NSA群の平均ADCは $1.32 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CVは0.0772、高NSA群の平均ADCは $1.30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CVは0.0691であった。僅かに高NSAでADCが低く、バラツキも低下を示したが、非有意( $p > 0.50$ )であった。自由呼吸における低NSA群の平均ADCは $1.42 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CVは0.1419、高NSA群の平均ADCは $1.33 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CVは0.0753であった。呼吸同期と同様に、僅かに高NSAでADCが低く、バラツキも低下傾向を示すが、非有意( $p > 0.10$ )であった。

#### 【結果①②(母集団=被検者単位)】

- \* 本検討の被検者A(女性)の平均ADCは $1.32 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.0660、被検者B(女性)の平均ADCは $1.29 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.0956、被検者C(男性)の平均ADCは $1.41 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.1038であった。3者各々の比較(Wilcoxon検定)において有意差が認められた( $p < 0.03$ )。
- \* 被検者2名において呼吸同期と自由呼吸のADCに有意差が認められ( $p < 0.03$ )、共に呼吸同期のほうが低下(6.7%~11.4%)を示した。一方、NSA変化に伴うADCは、被検者Cの自由呼吸における低NSA群と高NSA群の比較において有意差が認められた( $p < 0.03$ )ものの、他の比較や他の被検者において、有意差は認められなかった。
- \* 被検者A(女性)における自由呼吸・低NSA群のCVは0.0920、高NSA群では0.0576と低減。また、呼吸同期では低NSA群のCVは0.0630、高NSA群では0.0373まで低減した。被検者B(女性)でも同様な傾向を示し、自由呼吸低NSA群のCVは0.1329、高NSA群では0.0719と低減。呼吸同期では低NSA群のCVは0.0754、高NSA群では0.0500と低減した。一方、被検者C(男性)では、自由呼吸低NSA群のCVは0.1055、高NSA群では0.0558と低減したものの、呼吸同期では低NSA群のCVは0.0461、高NSA群では0.0876となった(長時間の呼吸同期によって同期精度が低下したものと考えられる)。

#### 【結果③(母集団=全検討値)】

- \* 測定点画像( $b=1000 \text{ s}/\text{mm}^2$ )のNSAを20回、測定起点画像( $b=0 \text{ s}/\text{mm}^2$ )のNSAを1回、2回、5回、10回、20回で求めた場合の平均ADCは、起点NSA1回で $1.26 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.1202、2回で $1.47 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.0924、5回で $1.34 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.0537、10回で $1.26 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.0478、20回で $1.33 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、CV0.0429であった。測定点と測定起点のNSAが同じ20回のADCと各々に比較すると、起点NSA2回との比較(Wilcoxon検定)においてのみ、有意差が認められた( $p < 0.03$ )。
- \* 母集団を呼吸同期群と自由呼吸群に分離して検討した場合、自由呼吸群で有意差が生じたケースが散見した( $p < 0.05$ )。自由呼吸群、呼吸同期群共に、起点NSAが5回以上になるとADCのCVが0.05未満となった。

#### 【結果のまとめ】

- \* 低NSA群と高NSA群のADCは、全母集団による比較でも、被検者毎の比較でも、非有意な結果であった。しかし、バラツキ量が著明に異なり、高NSA群ではCVが半減した。
- \* 呼吸同期と自由呼吸では、ADC値に有意差が認められ、呼吸同期のADCが自由呼吸よりも有意に低い値を示した。
- \* 測定起点のNSAを1回や2回にすると、ADCのバラツキが増加し、自由呼吸群では等NSAで算出したADCとの間に有意差が認められたケースが存在した。

#### 【考察】

- \* 肝臓のDWIでは、生理的運動影響に起因した信号の低下が高頻度で生じ、この現象はNSAの向上によって著明に改善することが判明、低いNSAにおけるADC値の信憑性に疑問を抱いた。このため、NSAとADCの検討を実施した。
- \* 本検討の結果から、NSAを変化させてもADCは大きく変わらないものと結論する。しかし、高いNSAでは信号のバラツキが半減し、測定精度が向上するものと考えられた。
- \* ADCの測定精度を担保するためには、ADC測定の起点となる画像収集( $b_0$ 画像)のNSAも大きく関与する。今回の検討により、測定起点のNSAは少なくとも3回以上必要であるとの結論に至った。特に自由呼吸の場合に

は、呼吸動による位置ズレを回避して信号のバラツキを低減させるため、起点となる画像収集(b0画像)のNSAも十分に担保する必要があるものと考えられた。

#### 【結語】

\*NSAを変化させてもADCは変わらない。しかし、NSAを向上させるとADCの測定精度が向上する。

\*2～5回程度のNSAでADC評価を行う場合には、同じNSA数の起点・測定点画像を用いて測定精度を担保するのが適当である。

#### 【参考文献】

- 1)「Body DWIにおけるNSAの再検討 ～生理運動による信号損失の軽減～」2021TCRT
- 2) 倫理承認のうえ、同意を得て募ったボランティア(病院倫理承認 No.101号)