EOB-造影Dynamic MRIにおけるButterfly Effect Scan Timing法と従来法との比較検討

山形県立中央病院 放射線部　○荒木 隆博(Araki Takahiro)
大西 信博　阿部 宏一朗　遠藤 明日香　大滝 布美子
柴崎 俊郎
山形県立河北病院 放射線部　小野 琴絵　齋藤 亮　永沢 賢司

【背景・目的】

EOB-造影Dynamic MRIにおいて、息止め不良に伴う呼吸性アーチファクトに関する報告が多くなされている。その対策として高速撮像や低周波数帯域の重点的取得、自由呼吸下による撮像などが報告されているが、それらは画質やコントラストの低下を招いたり、特有のシーケンスが必要であったりと最良ではない。我々は新たな撮像法『Butterfly Effect Scan Timing法（BEST法）』を考案し、それが最良な撮像法となりうるかを従来法2法と比較検討した。

【使用機器・撮像条件・解析対象】

・従来法G 使用機器
MRI装置 GE社製 Signa Excite HDxt 1.5T / 撮像コイル HD Body Array coil / インジェクター 根本杏林堂社製　Sonic Shot GX / Gd-EOB-DTPAインジェクション条件 Gd-EOB-DTPA 0.1 ml/kgを1.0 ml/secで注入したのちに、生理食塩水30 mlを1.0 ml/secで後押しした。

・従来法G EOB-造影 Dynamic 撮像条件
3D-LAVA / TR 4.7 msec / TE 2.1 msec / FA 15°/ ASSET 2.0 / FOV400×320 / Matrix 320×192 / 脂肪抑制 Special / スライス厚 5 mm / スライス間隔 -2.5 mm / 1Phase撮像時間 16 s / k-space ordering：Centric ordering

・従来法P ＆ BEST法 使用機器
MRI装置 GE社製 Signa Excite HDxt 1.5T / 撮像コイル HD Body Array coil / インジェクター 根本杏林堂社製 Sonic Shot 7 / Gd-EOB-DTPA インジェクション条件 Gd-EOB-DTPA 0.1 ml/kgを1.0 ml/secで注入したのちに、生理食塩水30 mlを1.0 ml/secで後押しした。

・従来法P ＆ BEST法 EOB-造影 Dynamic 撮像条件
eTHRIVE / TR 3.3 msec / TE 1.64 msec / FA 11°/ SENSE 1.7 / FOV400×320 / Matrix 352×280 / 脂肪抑制 SPAIR / スライス厚 5 mm / スライス間隔 -2.5 mm / 1Phase撮像時間 16 s / k-space ordering：Linear ordering

・男 女 比：従来法G 2：1 従来法P 1：1
BEST法 3：2

・平均年齢：従来法G 67.7±11.4歳 従来法P 72.0±8.7歳 BEST法 67.4±13.9歳

・対象検査：従来法G 2021.1～12 HCC疑い連続30症例 従来法P 2021.3～12 HCC疑い連続30症例
BEST法 2021.6～2022.4 HCC疑い連続30症例

【方法】

・従来法G（Table 1 & 2）
呼吸アナウンス：MRI装置による声掛け「息を吸って、止めてください」
Bolus Tracking（BT）方法：体軸断で上腹部レベルの下行大動脈をモニタリングし、造影剤が確認できたタイミングで動脈相の呼吸アナウンスを行う。

・従来法P（Table 1 & 2）
呼吸アナウンス：オペレーターによる声掛け「息を吸って、止めてください」
BT方法：冠状断で上腹部レベルの下行大動脈をモニタリングし、造影剤が確認できたタイミングで動脈相の呼吸アナウンスを行う。

・BEST法（Table 1 & 2）
呼吸アナウンス：MRI装置による1呼吸多い声掛

Table 1 呼吸アナウンスの変更

	従来法G	従来法P	BEST法
息止めアナウンス方法	全てのシーケンスで自動音声	Dynamicのみオペレーター音声	全てのシーケンスで自動音声
一定の息止めアナウンス	○	△	○
アナウンス内容	「息を吸って，止めてください」	「息を吸って，止めてください」	「息を吸って吐いて，もう一度吸って，そこで息を止めてください」
アナウンス方法の簡便さ	○	△	○

Table 2 BT方法の変更

	従来法G	従来法P	BEST法
Tracking断面	軸位断	冠状断	冠状断
Tracking部位	肝上縁レベルの下行大動脈	上腹部レベルの下行大動脈	肺動脈
息止めアナウンスタイミング	下行大動脈に流入したタイミング	下行大動脈に流入したタイミング	Butterflyのように肺動脈を通過したタイミング
造影剤流入タイミングの分かりやすさ	△	△	○

け「息を吸って吐いて、もう一度吸って、そこで息を止めてください」

BT方法：冠状断で肺動脈をモニタリングし、造影剤がButterflyのように肺動脈を満たしたタイミングで動脈相の呼吸アナウンスを行う（Fig.1 & 2）。

MRI 検査に携わった経験のある、臨床経験5年以上の診療放射線技師3名で、新旧撮像方法の連続30症例について4段階で視覚評価を行い3名の平均値を算出した【4:Excellent 3:Good 2:Moderate 1:Poor 】。

呼吸制御評価基準：呼吸性アーチファクト・Dynamicシリーズのスライス位置ずれの有無

造影タイミング評価基準：動脈相における門脈軽度濃染・肝静脈濃染の有無

＊マン・ホイットニーのU検定にて各従来法とBEST法の統計的有意差を求めた。

Fig.1 BEST法Bolus Tracking 位置

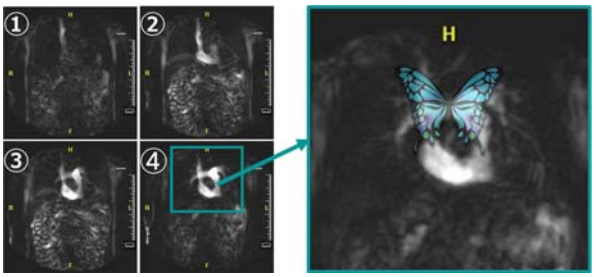

Fig.2 BEST法Bolus Tracking Image

【結果】

BEST法は従来法に比べて明らかに呼吸制御の精度が高いと評価されていた。統計的有意差もありとなっていた。造影タイミングの精度についてもBEST法が従来法に比べて明らかに高精度と評価されており、統計的有意差もありとなっていた（Fig.3 & 4）。患者と診療放射線技師からの比較アンケート結果では、ユーザビリティに関する項目全てにおいてBEST法が高い評価となっており、双方から良好な評価をいただいた（Table 3）。

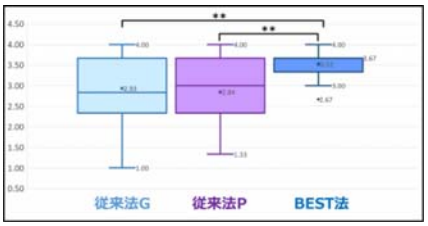

Fig.3 呼吸制御の精度

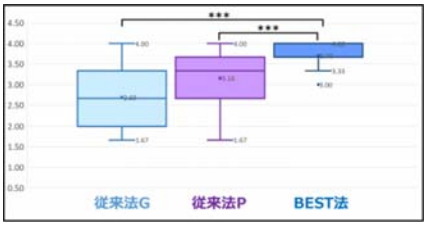

Fig.4 造影タイミングの精度

Table 3 比較アンケート結果

	従来法G	従来法P	BEST法
有効性	○	○	◎
効率性	○	△	◎
満足度	△	△	◎
確実性	△	△	◎
患者受容性	○	△	◎

患者の声
✓いつもより息止めが楽だった.

診療放射線技師の声
✓これまでは自分の声が患者に届いてるか不安だったが解消された.
✓これまでよりもDynamic検査に対するストレスが減った.

【考察】

・呼吸制御の精度 従来法G vs BEST法

どちらも自動音声ではあるが、患者に急な息止めを行わせる従来法Gに比べ、BEST法による1呼吸多い息止めアナウンスは、患者が息止めをする際の負担を軽減し、安定した呼吸制御に貢献していると考える。

・呼吸制御の精度 従来法P vs BEST法

Dynamic検査のみオペレーターによる息止めアナウンスである従来法Pの不安定になり易い声掛けではなく、BEST法の自動音声による常に同じ調子の息止めアナウンスが、安定した呼吸制御に貢献していると考える。

・造影タイミングの精度 従来法G vs BEST法

Tracking位置が軸位断である、従来法Gの造影タイミングには明らかなばらつきがあった。従来法Gの装置ではBEST法の呼吸アナウンスは使えないため、大動脈弓部でのTracking位置などを検討する必要がある。

・造影タイミングの精度 従来法P vs BEST法

Tracking位置を下行大動脈から肺動脈とすることで、目視で造影剤を容易かつ的確に捉えることができ、加えて延長した息止めアナウンス時間分を補正することが可能となり、造影タイミングがより適切になったと考える。

【まとめ】

Butterfly Effectとは、小さな変化が時間の経過とともに大きな変化となることである。BEST法も息止めアナウンスとBolus Tracking方法の変更という小さな工夫で、患者にも技師にも有益な効果をもたらした。

『Butterfly Effect Scan Timing法（BEST法)』は当院の従来法と比較し、EOB-造影 Dynamic MRIにおいてBESTな撮像方法となりうる可能性が示唆された。

【参考文献】

1）上嶋 英介 他：肝細胞癌の画像診断～LI-RADSについて～ 一般社団法人 日本肝臓学会 肝臓 62巻5号229-239（2021）

2）深谷 貴広 他：Gd-EOB-DTPAを用いた肝ダイナミックMRIの動脈優位相における画像アーチファクトに関するシミュレーション 日本放射線技術学会雑誌 第66巻 第9号

3）EOB・プリモビスト造影MRI 検査プロトコル｜造影剤と画像診断情報サイト Bayer-Radiology：https://radiology.bayer.jp/training/eob_protocol#id-1