

# 「Hybrid ER Systemの使用経験」

～IVR-CT導入から運用まで～

さいたま赤十字病院

池野 裕太

## 1. はじめに

2021年4月1日からCanon社製のCT装置 Aquilion ONE GENESIS Edition とAngio装置 Alphenixが搭載されたIVR-CT導入され、1年6カ月運用してきた。IVR-CT導入により1部屋でPrimary SurveyからSecondary Surveyが完結することができ、さらに手術、外傷による血管破綻によるTAEや胸部外傷によるトロッカー挿入などの追加治療なども患者移動を行うことなくスムーズかつ短時間で移行することができるようになった。このシステムをHybrid ER System (HERS：ハーズ) と呼んでいる。今回はHERS導入から現在の運用について説明する。

## 2. 外傷初期診療の流れ

日本救急医学会より外傷初期診療の質を向上するためのガイドラインとしてJATEC (Japan Advanced Trauma Evaluation Care) がある。外傷初期診療の流れは、患者搬送決定後以下の順番で行われていく。

- ①患者受け入れ準備
- ②Primary Surveyおよび蘇生
- ③Secondary Survey
- ④根本治療

Primary SurveyではABCDEアプローチ(表1)、迅速簡易超音波検査FAST (focused assessment with sonography for trauma) (図1) が行われ、ABCの安定が図れたとき、Secondary Surveyに移行する。Primary Surveyにおける診療放射線技師の役割として、ショックの原因となる大量血胸の検索および後腹膜内出血の評価を行うため、胸部と骨盤部のポータブルの撮影を行う<sup>1,2)</sup>。

表1. ABCDEアプローチ

ABCDEアプローチの概要	
A(Airway)	気道評価・確保
B(Breathing)	呼吸管理
C(Circulation)	循環管理
D(Dysfunction of CNS)	中枢神経障害の評価
E(Exposure and Environmental control)	全身露出と体温管理

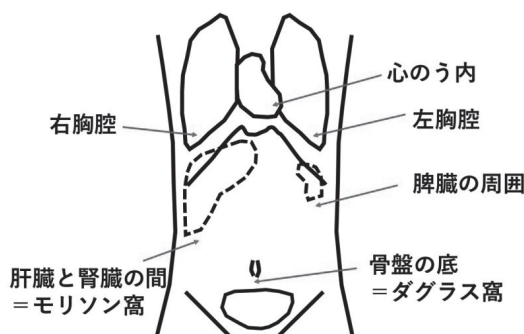


図1. FASTによるCの検索

Secondary Surveyでは、病歴の聴取、身体診察検査、CTや外傷に合わせた画像検査を行う。診療放射線技師は切迫するDに対する頭部CTおよび外傷の把握のため外傷全身CT撮影(Trauma-pan-scan)をし、全身の損傷を確認する。CTの読影によって、手術、血管塞栓術などの根本治療へと移行していく。

当院でも救急搬送されてくる外傷症例に対しては、JATECに則り診療を行っている。

## 3. Hybrid ER System (HERS) について

### 3-1 Hybrid ER Systemの概要

Hybrid ER Systemは、スライディングガントリCT+CアームのIVR-CTシステムにより、外来初期診療、CT検査、緊急手術およびTAEが同一寝台で行える初療室であり、患者移動を一度も行わず診療を完結することができる(図2)。



図2. IVR-CT外観

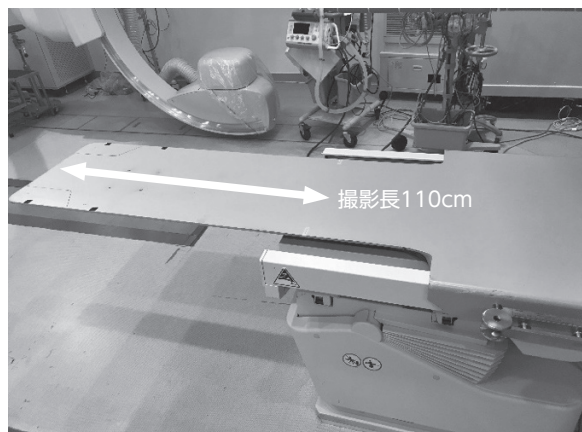


図4. 血管造影用寝台

### 3-2 HERS室内の工夫

IVR-CTのガント리는自走式であるため、CT撮影時にガントリ移動範囲に他の医療機器があると接触、破損の可能性があるため、手術用ライトやインジェクタなどの機器は天井から吊るし、ガントリとの接触を防ぐ仕様とした（図3）。



図3. 医療機器の配置

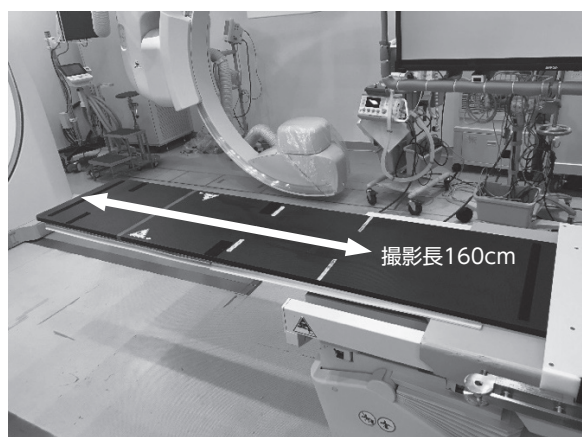


図5. 延長天板

しかし、延長天板を使用することで心停止患者に対して胸骨圧迫を行う際に寝台が大きいたわみ寝台が破損する恐れがあった。そのため事前に心停止の患者が搬送されるときには、寝台の下に圧迫を支える支柱を使用することで、寝台のたわみを解消すると共に胸骨圧迫の力が逃げず行えるようになった（図6）。

また寝台は手術用と血管造影用の2パターンが選べるが、当院は血管造影用の寝台を導入した。寝台の撮影長自体は110cmであるため、全身CTを撮影するには撮影範囲が短い。そこで延長天板を寝台に装備することにより最大160cmの撮影長となる（図4、5）。

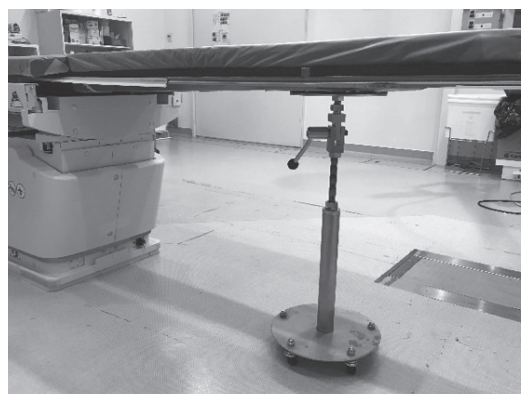


図6. 胸骨圧迫用支柱

室内には56インチの大型高精細モニターを設置し、さまざまな情報がモニターから得られるようにレイアウトを考えた。モニターに表示できるのは、電子カルテ・生体モニター・血管造影LIVE・Reference・ワークステーション・12誘導心電図・CTコンソールなどがあり、当院での患者入室時のレイアウトは3面を使用し、①患者の生体モニター②電子カルテ③血管造影のLIVEモニターが映るレイアウトにした(図7)。

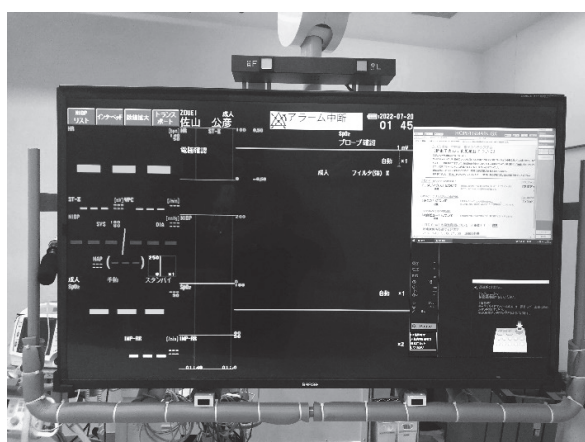


図7. 大型モニター

#### 4. HERSの運用

患者救急搬送が決定し、病院到着する前に診療を担当する医師・看護師・診療放射線技師・臨床工学技士が集まりブリーフィングを行う。ブリーフィングとは、簡単な報告という意味で実際には救急隊から得た患者情報の共有を行う(表2)。

表2. 当院が行うブリーフィング事項

さいたま赤十字病院HERS搬入前ブリーフィング事項
①傷病者情報(年齢・性別・受傷機転・バイタルサインなど)
②役割分担の確認
③入室者のプロテクター装着の確認
④MTP(大量輸血プロトコル)宣言有無
⑤エコー準備:FAST全例実施
⑥保温準備
⑦CTウォームアップ・CTインジェクター準備
⑧透視装置のスタンバイ
⑨開胸・開腹・IVRスタンバイ

診療放射線技師は主に⑦⑧⑨の準備を事前に行う。

患者がHERSに入室してからタイマーを開始し、入室から診療方針の決定までの時間を20分以内に行うことを目標としている(図8)。

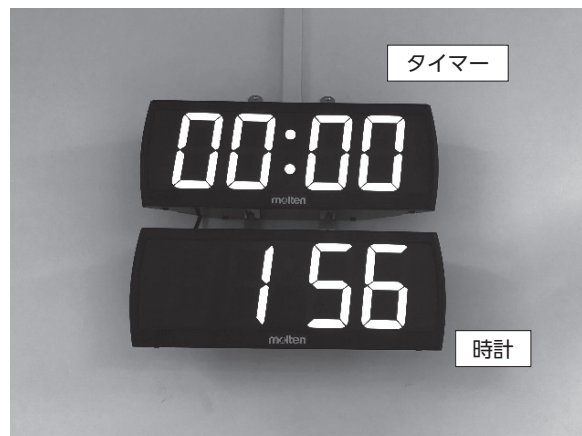


図8. タイマー

その後、HERS室寝台に患者を移動させ、生体モニターの装着・点滴ラインの確保・採血・FASTを同時に行っていく。

FASTを省略してCT撮影を行う施設もあるが、当院では全例FASTを行う。その理由として、緊急で開胸、開腹手術を行わなければ救命困難な症例もあり、CT撮影にはある程度時間を要するためFASTを行っている。またドクターカー出勤事案が多く、ドクターカー出勤医師以外はFASTを行わなくなってしまうため、医師の教育のためFASTを行っている側面もある。

全ての準備が整ってからCT撮影へ移行する。CTについては次項にて詳しく説明する。

CT撮影中から再構成された画像をリーダー医師が読影を進め、手術、TAEなどの必要の有無を判断し、根本治療に移行するか追加処置が不要であれば退出の手順となる。

#### 5. Trauma pan scan

##### 5-1 Trauma pan scanの概要

Trauma pan scanとは、頭部～骨盤部にかけて行う全身のCT検査である。患者の状況によって明らかな損傷部位があれば撮影範囲は適宜変更して対応している(図9、表3)。



図9. Trauma pan scan撮影範囲

表3. Trauma pan scan概要

撮影範囲	造影タイミング
①頭頸部単純CT	
②胸部～骨盤部単純CT	
③Wills動脈輪～大腿上部造影CT	造影剤注入30秒後 ヨード量520mgI/kg 30秒注入
④胸部～骨盤部造影CT	造影剤注入120秒後

### 5-2 CT撮影の実際

当院の従来撮影してきたTrauma pan scanは救急科医師と協議し、画像ノイズを考慮するため頭頸部CT撮影後、体幹部CTに移行する際、患者が挙上できる場合は挙上して撮影を行ってきた。

HERSでは全例挙上は行わず、上肢は体側または損傷が疑われる場合はScan-FOVの範囲に収まるように撮影を行うこととした。従来とHERSでのCT撮影にかかる時間を比較した(表4)。

表4. 時間の比較

	従来	HERS
病院到着からCT位置決め 画像を撮影する時間	15:52±6:39	12:29±2:12
CT撮影に要する時間	9:01±1:04	6:00±58.7

表5から従来に比べHERSでは病院到着からCT撮影まで約3分30秒程度、トータルのCT撮影は約3分短縮することができた。要因として、HERSの場合ポータブル撮影とCT寝台への移動がないことが大きな要因となる。従来の診療では、①救急搬送時②CT室移動時③CT室退出時④手術室または血管造影室入室時と患者は搬送されてから3～5回ほどの移動を行う。しかし、HERSは救急搬送時に一度のみ寝台に移動し、全ての診療を行うことができる。そのためCT撮影までの時間が短縮される。

またCT撮影時間短縮は、挙上の有無はもちろんのこと、挙上するとき生体モニターや点滴ラインが絡まることが多く、また従来では挙上させ、体幹部単純CTを撮影後点滴ラインに造影剤を接続させていた。HERSでは、頭頸部CTが始まる前に造影剤を接続する運用としたため、室内に入る回数が減り、また生体モニターや点滴ラインを動かすことがないため、時間短縮につながった。

### 5-3 DLRの利用

当院のIVR-CTにもディープラーニング技術であるDeep Convolutional Neural Network (DCNN) を用いた画像再構成法であるAiCE (Advanced intelligent Clear-IQ Engine) が搭載されている。AiCEは、ノイズ成分と信号成分を識別する処理を用い、空間分解能を維持したままノイズを選択的に除去することが可能である。AiCEを用いることで、CTが持っている時間分解能を最大限に引き出しながら、高いノイズ低減効果を得ることができる。また低コントラスト領域においても、粒状性を維持しながら高いノイズ低減効果が得られ、低線量領域でも安定した画質向上を実現している(図10)。

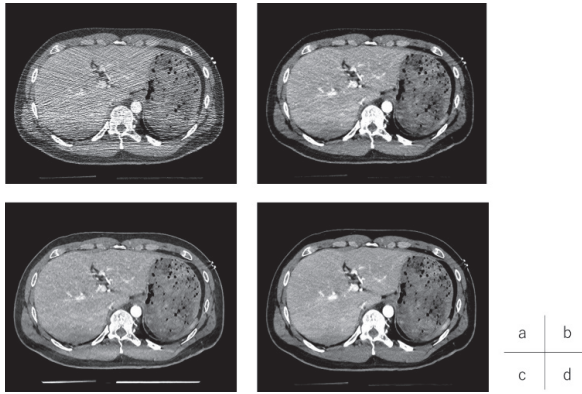


図10. 各再構成における画質の違い  
a)FBP b)AIDR3D c)FIRST d)AiCE

また各画像に対するSDを測定した(図11、表5)。



図11. SD測定点

表5. 画像SDの比較

	FBP	AIDR3D	FIRST	AiCE
SD	147.25	21.51	14.26	13.27

表5より、AiCE<FIRST<AIDR3D<FBPの順でノイズ低減された画像となった。また、AiCEで腕と心電図モニターからのストリークアーチファクトを最もアーチファクトの低減ができています。

#### 5-4 画像再構成時間

三次救急において画像読影の時間を早くすることが大切である。Canon社製のCTにはInsta Viewというリアルタイム再構成に代わる画像確認ツールがあり、リアルタイムで画像表示が可

能である。しかし、Insta Viewを使用すると画像再構成が撮影中に行えないデメリットがある。このデメリットに加えInsta Viewでの見落としを防ぐため、当院ではInsta Viewでの読影は行わず、再構成された画像を直接PACS (Picture Archiving and Communication System) に転送し、医師はPACSに順次再構成された画像を読影する運用とした。またCanon社製のCTはFBP、逐次近似応用再構成 (AIDR3D) と逐次近似再構成 (FIRST)、DRL (AiCE) では画像処理サーバーが異なるため、2重に再構成することが可能である。そのため、提出画像の再構成を工夫し、再構成時間になるべく短くなるようにした(表6)。

表6. 各撮影の再構成条件

	画像断面	スライス厚	再構成関数	
頭頸部単純	脳実質条件	Axi	0.5mm	AIDR3D FC26
	脳実質条件	Axi	3mm	FBP FC26
	骨条件	Axi	2mm	AIDR3D
	骨条件	Sag,Cor	2mm	AiCE
胸部～骨盤部単純	軟部条件	Axi	3mm	AIDR3D
	肺野条件	Axi	3mm	AIDR3D
	肺野条件	Cor	3mm	AiCE
	肺野条件	Axi	1mm(Vol)	AiCE
Wills動脈輪～大腿上部造影		Axi	3mm	AIDR3D
	軟部条件	Sag,Cor	3mm	AiCE
		Axi	1mm(Vol)	AiCE
胸部～骨盤部造影	軟部条件	Axi	3mm	AIDR3D

また各再構成における画像再構成時間を計測した(表7)。

表7. 各再構成における画像再構成時間

	FBP	AIDR3D	FIRST	AiCE
画像再構成にかかる時間(秒)	28.63	59.78	772.37	78.58

Wills動脈輪～大腿上部の画像を各再構成でスライス厚1mm、画像枚数978枚で再構成を行った。

表7より画像再構成時間はFBP>AIDR3D>AiCE>FIRSTの順で速くなった。

FIRSTとAiCEを比較するとAiCEの方がFIRSTに比べ画像再構成時間が約10倍速い結果となった。これらの理由から、画質・再構成時間を考慮して、現在当院ではAIDR3DとAiCEを組み合わせる画像再構成を行っている。

## 6. さいごに

HERSでは医師をはじめ、多職種が集まり診療を行う。診療に携わるに当たり、職種ごとに役割があり、その役割を理解し遂行することで初めて患者に対して診療を行うことができる。診療放射線技師の役割は、外傷診療には欠かすことができないCT画像を提供することである。このCT画像によって診断および治療方針の決定を行う。そのため、われわれが責任感を持って撮影に臨むことが重要である。現状の運用を説明してきたが、改善・改良を今後さらに協議し、より良い医療および画像を患者に提供していきたい。またチーム医療の一員として自覚を持ち、これからの診療に携わっていきたい。

## 7. 参考文献

- 1) 日本救急撮影技師認定機構：改訂第2版 救急撮影ガイドライン 救急撮影認定技師標準テキスト
- 2) 日本外傷学会、日本救急医学会：改訂第4版 外傷初期診療ガイドライン JATEC