

Hybrid ER における診療放射線技師の役割

大阪急性期・総合医療センター 医療技術部放射線部門 ○中 智章(Naka Tomoaki)

【はじめに】

外傷初期診療においてprimary surveyでの画像検査は胸部と骨盤の単純X線撮影であり、CT検査はsecondary surveyに位置付けられている。また、循環動態が不安定な重症外傷患者のCT検査は、CT室までの移動距離や、容態急変時に十分な治療が行えないことが大きな問題となり適応外とされている。最新の外傷初期診療ガイドライン(JATEC 改訂第5版)においても、装置が進歩し撮影時間が短くなったとはいえ、重症外傷患者では循環が安定していても撮影中に急変する可能性や、点滴類・人工呼吸器・ドレーンなど多くの付帯物があると移動に時間を要するため、primary surveyでCT検査の施行を推奨するには至っていない。

当院では、緊急止血術を要する循環動態が不安定な重症外傷患者において、外傷初期診療のsecondary surveyで行うべきとされていたCT検査を、primary surveyの段階で施行し、標的部位をより早く認識して適確な治療戦略を決定することにより、予後が改善する可能性があると考えた。そこで、初療室を取り巻く環境を見直し、理想的な治療環境となる新たな初療室を構築することとなった。

【構築にあたっての検討】

この初療室では、患者を移動させることなくCT検査やIVR、手術などの止血術まで行えることを目標とし、本来アンギオ室や手術室で使用されていたIVR-CT装置を初療室に導入することを決定した。初療室にIVR-CTを設置するにあたり、診療放射線技師として様々な検討と対策を講じた。

① 駆動レールの防水対策

今回導入したIVR-CT装置はガントリ移動型のCT装置であるため、床面にガントリの駆動レールを埋め込む構造となっている。初療室では緊急の開胸や処置により、大量の血液や洗浄のための液体が室内の床に流れることがある。そのため、駆動レールの防水対策を講じる必要があった。その対策として、CTガントリの駆動レールを周囲の床より10 mm高くし、床面に勾配をつけることで、血液などの液体の浸入を最小限に防ぐ構造とし、液体はすべて排水ピットに流れるように工夫した(Fig.1)。

② 人工呼吸器等の医療機器の配置

医療機器の配置についても検討を行った。CT撮影時はガントリが移動するため、寝台の周囲に医療機器を配置することは効率的ではないと考えた。そこで、人工呼吸器や超音波装置などの医療機器は天井から吊り下げ、必要な機器のみを引き下げて患者の近傍で使用することが出来るようにした(Fig.2)。

③ IVR-CT装置の撮影範囲の拡大

全身CT撮影を行うために寝台の改良も行った。IVR-CTの寝台の撮影可能範囲はもともと110 cmであった。これでは外傷患者の全身を撮影することができない。そこで、寝台に延長天板を装着することで、撮影可能範囲が50 cm延長し、160 cmの広範囲撮影が可能となった(Fig.3)。この延長天板により、外傷患者の頭頂部から大腿部の撮影や、肺塞栓症の患者の膝下までの撮影も十分可能となった。

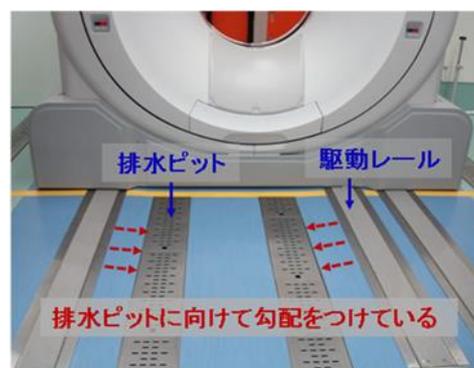


Fig.1 勾配をつけた初療室内の床面

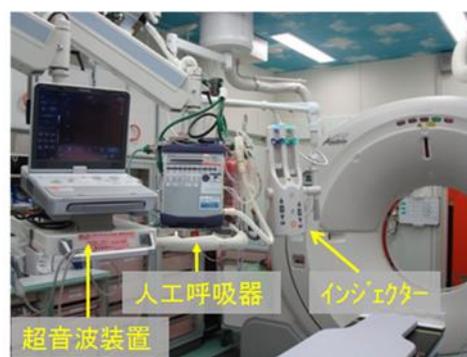


Fig.2 天井から吊り下げた医療機器

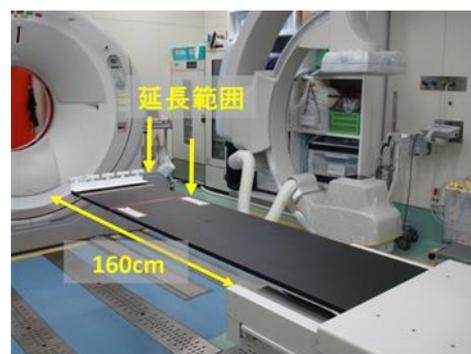


Fig.3 延長天板を装着した寝台

④ 医療情報の表示方法

画像表示ツールとして56インチの大型マルチモニタを採用した(Fig.4). このマルチモニタには様々な医療情報と画像を表示することが可能なため, 初療室の状況に合わせた画面レイアウトを考案した. 例えば, 患者の搬入時には生体情報, 血液ガスの結果, 超音波画像, CTコンソール画面などがモニタに表示されるようになっている. また, IVR施行時には透視画像と参照画像を大きく表示させ, 生体情報, CT画像などを同時に表示させている. このように大型マルチモニタに様々な情報を表示することにより, 医療チーム全員が同時に視覚的に情報を共有することができ, 治療の効率化と安全性の向上につながった.



Fig.4 初療室に設置したマルチモニタ

⑤ 治療環境の整備

Cアームの天井走行, 様々な医療機器, 大型モニタが障害となり, 手術や外科的処置を行う際に欠かせない無影灯を従来のように天井から吊り下げることが困難であった. そこで, 赤外線追随型の無影灯(4基)を天井に配置した(Fig.5). この無影灯は照射野がリモコンからの赤外線に自動追随するため, 手術部位にリモコンを持っていくことで照射野を合わせることができる. これによって, どの部位を処置する場合にも, 的確に術者の手元を照らすことができる.

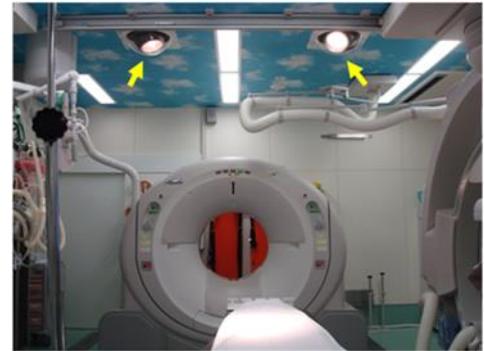


Fig.5 天井に埋め込まれた无影灯

⑥ 外傷CTプロトコルの検討

従来のCT撮影プロトコルではこの初療室の特徴を活かせないと考え, 新たな外傷全身CTプロトコルを検討した. プロトコルを検討するにあたっては救急医と議論し, この初療室の特徴である時間的優位性を最大限に発揮できるよう, 撮影目的に合わせて再構成時間を考慮し, 撮影スライス厚や再構成範囲を工夫した. また, この初療室ではprimary surveyとしての胸部と骨盤の単純X線撮影を省略しているため, 鎖骨などの骨折評価を行わずにCT撮影を行う. そのため, 上肢の挙上に伴う二次損傷の可能性や時間効率を考慮して上肢を挙上させず下げたまま外傷全身CTを撮影することとなる. その際に, 肘を中心とする上肢から発生するアーチファクトは画質低下の原因となり, 診断能に影響を与える. その対策として, バックボードを利用し, 上肢を体幹背部より下垂させることでアーチファクトを低減させている(Fig.6).

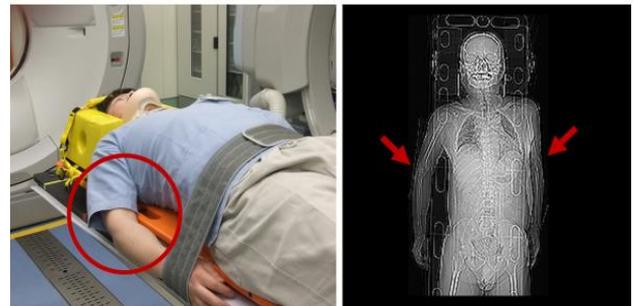


Fig.6 アーチファクト対策の下垂肢位

【導入後の運用】

2011年8月に運用を開始したこの初療室は, IVR-CT装置の寝台を処置台として活用することで, 患者搬入後に寝台に患者を移せばすぐにCT検査が可能である. さらに, 必要に応じて動脈塞栓術やX線透視下での処置, 簡単な手術が, 患者を移動させることなく施行できる画期的なシステムであり, 診断と治療という2つのプロセスが1箇所で行える初療室という意味から, Hybrid Emergency Room (以下, Hybrid ER)と呼ばれている(Fig.7).

Hybrid ER導入当初は様々なトラブルを経験したので, その例を紹介する.

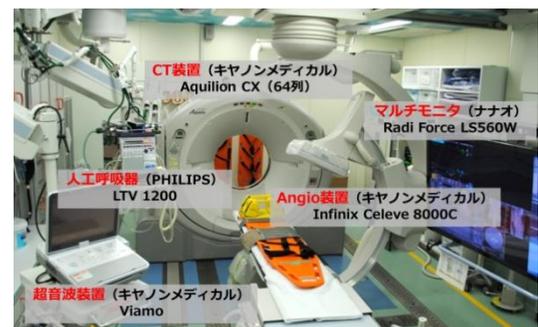


Fig.7 IVR-CT を備えた Hybrid ER

① CT画像の中心部にアーチファクトが発生

初療室では治療方針に合わせて室温を変化させる。特に低体温対策として室温を上げることがあるが、それによりCT装置の最適温度から外れ検出器が不安定になることが分かった。そこで1台の空調をCT管理専用とし、CT検出器の急激な温度変化がないように対策した。

② アンギオ装置の冷却水の減少による装置の停止

従来はメーカーによる保守点検毎の補充で間に合っていたが、装置を24時間稼働させているため冷却水が急激に減少し装置が停止した。対策として、日常点検で冷却水の確認を行い、診療放射線技師が定期的に補充することとした。

その他にも過酷な環境での使用による装置、ケーブルの破損も多発し、Hybrid ERにおいてIVR-CT装置を安定して稼働させるためには診療放射線技師による装置の保守管理が必要であると再認識した。また、Hybrid ER特有の問題も経験した。従来の初療室としての管理とIVR-CT装置の管理が必要になったことによって発生した他職種のルーチンワークの重なりである。看護師が行う医療資材・物品の管理、薬剤師が行う薬剤の管理、臨床工学士が行う呼吸器などの医療機器の管理と診療放射線技師が行うIVR-CT装置の管理は同時に行うことが出来ない。特に24時間いつでも撮影できる状態にしておくためにはCTのX線管球のウォームアップは頻繁に行う必要があり、他職種との連携や理解がより重要となった(Fig.8)。

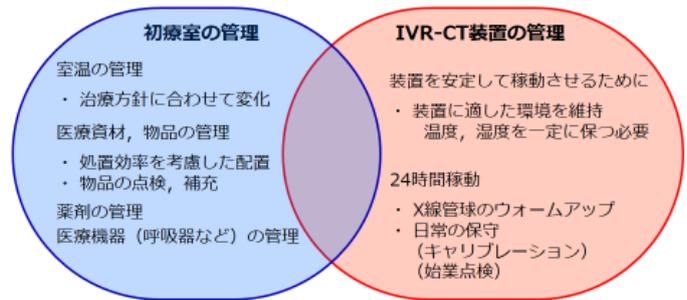


Fig.8 Hybrid ER 特有の問題点

【外傷全身CTプロトコル】

Hybrid ERでは高エネルギー外傷患者を対象とした外傷全身CTの撮影を行っている。当院の撮影プロトコルは初めに頭頸部の単純CTを撮影し、頸椎や頭蓋底骨折・頭蓋内の評価を行う。引き続いて血管損傷検索を目的とした頭部から大腿部までの動脈優位相と体幹部の実質相を撮影するプロトコルとなっており、体幹部の単純CTは撮影していない。また、頭頸部の評価を行い頭頸部の詳細な血管評価が必要であると判断した場合は、頭頸部の動脈相を優先して撮影を行っている(Fig.9)。

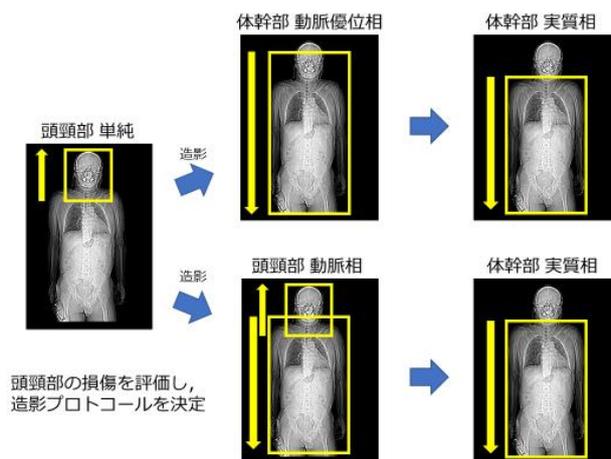


Fig.9 Hybrid ER の外傷全身 CT プロトコル

【診療放射線技師の教育】

Hybrid ERでは外傷初期診療のアプローチが従来の初療室と大きく異なり、CT検査が診断の要となるため診療放射線技師は重要な役割を担う。診療放射線技師は患者搬入前から初療チームの一員として診療に携わり、CT撮影のみならず、引き続いて行われる止血術にも介入が必要となる。迅速な行動が求められる診療放射線技師のスキルはHybrid ERシステムとしてのパフォーマンスに影響するため、診療放射線技師の教育は欠かすことができない。当院では、時間や安全面で安定した医療を提供するため、CT撮影から画像処理までの流れを繰り返しシミュレーション・訓練する定期的な研修・教育を行っている。また、診療放射線技師が行うべき業務内容を細分化したチェックシートを作成し、業務内容の確認と新人教育に活用している。

【Hybrid ERの成果】

時間との闘いとなる重症外傷診療において、患者移動の必要がないHybrid ERは迅速な診断と治療が可能となり救命率の向上につながっている。しかし、Hybrid ER導入前後の症例について統計解析を行った報告ではHybrid ER導入直後の死亡率悪化が指摘されている(Fig.10)。当院ではHybrid ERに関係するすべての職種を

対象とした院内勉強会を立ち上げ、問題点の検討を行った。その結果、初療スタッフが治療戦略を共有できておらず、全員が共通認識で動いていないことが問題であると考えた。そこで、実際の初療対応の映像を基にスタッフの動きを振り返り、治療戦略の共有や問題点を討議する多職種による症例検討会を定期的で開催し外傷診療の質の向上に取り組んでいる。

【まとめ】

患者を移動させることなくCT検査、IVR、治療が行えるHybrid ERでは、従来CT検査を行うことができなかった循環動態の不安定な症例に対してもprimary surveyとして安全にCT検査が施行可能であり、とくに多発外傷など複数の部位に処置が必要な場合の治療戦略や優先順位の決定に有効である。また、Hybrid ERシステムを最大限に活用するためには、多職種が連携し治療戦略を共有することが、治療の効率化と安全性の向上につながる。Hybrid ERにおける診療放射線技師の役割は迅速な検査の実施と、的確な画像情報の提供のみならず、Hybrid ERの刻々と変化する状況に合わせて、適切な治療環境を提供することが必要である。これからの救急医療の現場では、最新の放射線技術を熟知した診療放射線技師による、医療環境のマネジメントが新たな役割であると考えられる。

【参考文献・図書】

- 1) 外傷初期診療ガイドライン JATEC 改訂第5版:へるす出版, 2016.
- 2) Löw R, et al :Whole body spiral CT in primary diagnosis of patients with multiple trauma in emergency situations. *Rofo*,166(5):382-8,1997.
- 3) Huber-Wagner S, et al : Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*,373(9673):1455-61,2009.
- 4) 中智章:外傷全身CTにおける上肢からのアーチファクト対策に有効な肢位の検討. 第69回日本放射線技術学会総会学術大会, 2013.
- 5) Kinoshita T, Yamakawa K, Matsuda H, et al : The Survival Benefit of a Novel Trauma Workflow that Includes Immediate Whole-body Computed Tomography, Surgery, and Interventional Radiology, All in One Trauma Resuscitation Room: A Retrospective Historical Control Study. *Ann Surg*, 269:370-376,2019.

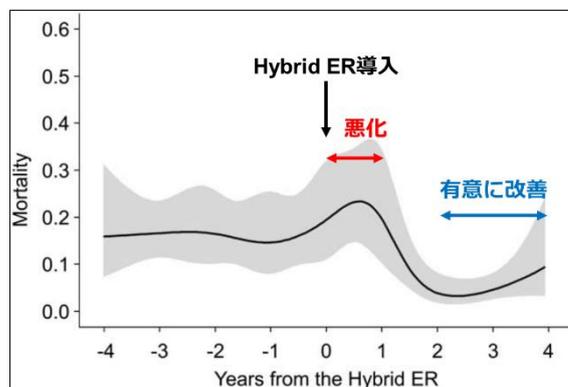


Fig.10 Hybrid ER 導入前後の死亡率の推移
(参考文献より引用)