

## 「検診施設にて思う Digital Breast Tomosynthesis」

慶應義塾大学病院 放射線技術室 予防医療センター  
根本 道子

### 1. はじめに

当院では2013年より診療用としてDigital Breast Tomosynthesis (DBT)を使用している。そのため、導入を検討している方々から意見を求められる機会がある。

しかしながら、現在は人間ドックにて、検診用としてFPDによる2Dマンモグラフィを使用しており、助言に値するコメントができるか、悩むことが多い。

現在DBTを常に使用している立場ではないが、「熟考した上でDBTを導入・運用」し、その後「DBTのある環境」から「DBTのない環境」となり、「それでもたまにはDBTを使用する」状況であるが故に実感するDBTの長所や短所、今後への期待などがある。

また自身の日常業務はマンモグラフィよりも超音波検査に携わる時間の方が圧倒的に多いため、「超音波検査を行う者の立場から見たDBTの必要性」も感じる。

当院では、マンモグラフィも超音波検査も、検査を施行した技師が読影補助としてのレポートを作成し、診断科医師がチェックして診断結果とする。自身が撮影した画像の品質で、レポート作成時の負担が左右されるため、読影する側が必要とするマンモグラフィを理解しやすい環境にある。

そこで今回、症例を交えつつ「この乳腺の所見、DBTで検査していたらなあ。」と、検診施設で思うケースを紹介し、医学的有用性以外にもDBT導入検討の際に配慮すべきポイントや、質問を受ける機会が特に多い事柄についてまとめた。

いずれも自身の経験による内容ではあるが、少しでも現場で尽力されている方々の参考となれば幸いである。

概要は以下の通りである。

### 2. 有用性

平成30年度の診療報酬改定に向けて、日本医学放射線学会から厚生労働省に提出された医療技術再評価提案書（保険既収載技術用）<sup>1)</sup>より引用すると、乳房トモシンセシスの有効性などについては「現行の乳房撮影に加えてトモシンセシスを行うことにより、正常組織との重なりを避けて病変が明瞭に描出でき、逆に二次元乳房撮影では疑わしい所見が正常であることがわかるなど特異度が改善され、詳細な観察に基づいて乳がん画像診断精度が向上し、早期乳がんの発見率向上が期待できる。」となっている (<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000181687.pdf>でダウンロードのPDF資料19～23ページに乳房トモシンセシスの記載があり、参考文献や有効性の根拠となる研究結果など、その他にも詳しい情報が確認できる)。

まさに上記の通りであり、自身も実感しているのは、

■ Dense Breastに埋もれる病変が見えてくる (図1)

■ distortionが明瞭に見えてくる (図1、図2)

■ FADにすべきかどうか

悩むことが格段に少ない (図3.1～3.4)

■ 乳房内の構造を読む目や習慣が養われる

—と言った長所であり、レポートを記載する際に非常に有用である。

DBTがない環境となった現在は、そのような所見の難しさをあらためて痛感している。

構造を読む目や習慣が養われると、MRI・CT・超音波との比較を行う際に役立つ。

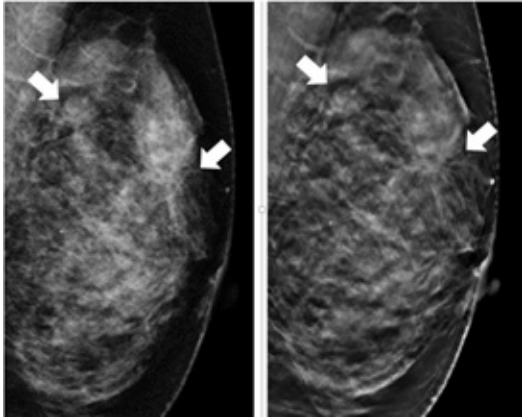


図1 Dense Breast に埋もれる病変  
(mass・distortion)  
(左：2D 右：DBT)

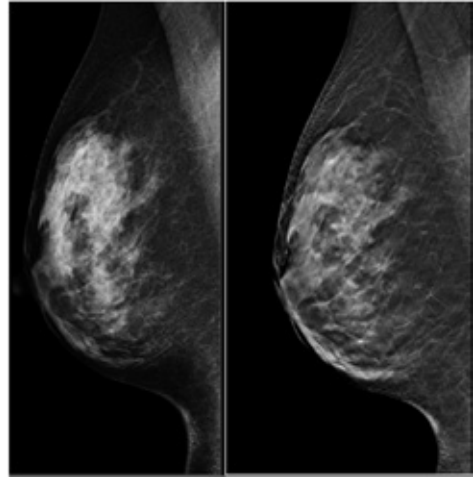


図3-2 FADに悩む所見(右側：正常)  
(左：2D 右：DBT)

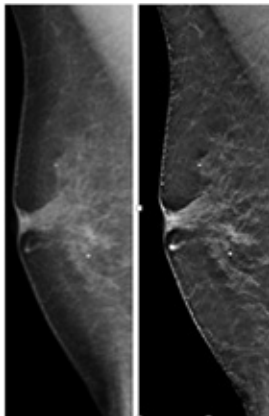


図2 distortion  
(左：2D 右：DBT)

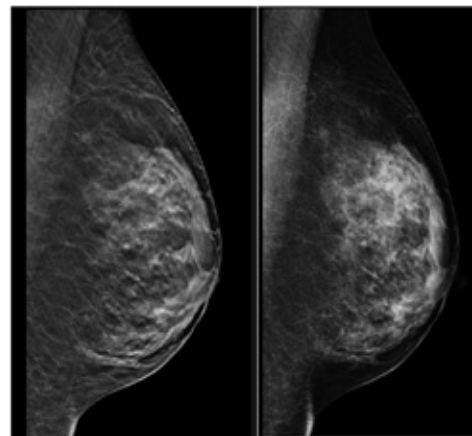


図3-3 FADに悩む所見(左側：悪性)  
(左：2D 右：DBT)

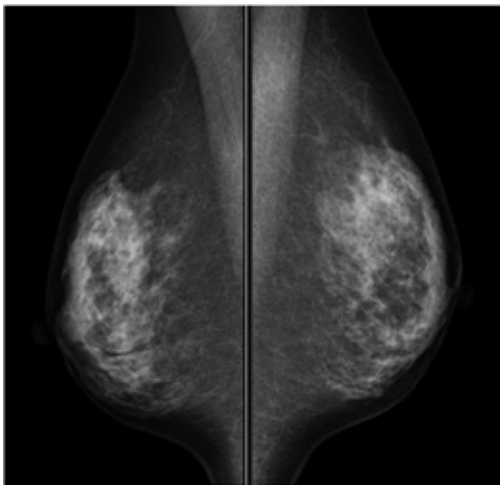


図3-1 FADに悩む所見(両側)  
(左：検診2D 右：検診2D)

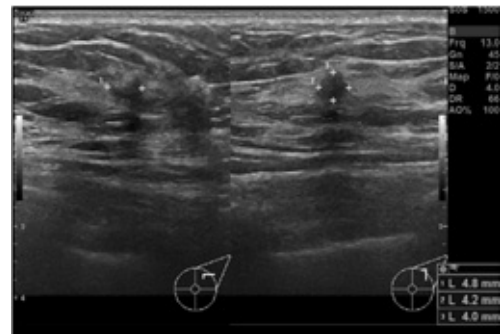


図3-4 FADに悩む所見(図3-3)の超音波画像  
(左側2時方向 外側)

短所としては、

- 石灰化の形状が分かりにくい
- コントラストを加味した判定が困難
- 被ばく量の増加

一などが考えられる。

石灰化については二次元乳房撮影（2D）でも観察できるため大きな問題とはならず、それでも見えにくい微小な石灰化の観察は、拡大撮影を適宜追加している。余談だが、当施設ではDBT導入以降、拡大撮影は行うが密着スポット撮影を行うことは皆無となった。

2Dだけ撮影する場合と比較すると、当然DBTを加えた方が被ばく量は多くなる。しかし、装置によって多少バラツキはあるものの、デジタルシステムが普及する以前のS/Fシステムと同程度かわずかに多い程度であり、付与される情報量を踏まえて被ばくの不利益と医療行為による利益とのバランスを考えた場合、不必要な過剰被ばくとは考えにくい。ただし、脂肪性乳房や極端に厚さの少ない乳房には対しては検討の余地がある。

撮影時間短縮と被ばく軽減の両方の観点から、DBTデータで再構成する2D画像を用いることによって2D撮影を省略することが望ましいが、現時点で（私見ではあるが）納得の行く画質を提供できるシステムを見いだせていない。

### 3. 使用感

- 撮影装置を含めシステム全体が大きく圧迫感がある
- 設置スペースを広く確保する必要がある  
（部屋はそのまま機器更新ならば要注意）
- 撮影中X線管が動くためフェイスガードがやや手前にあり胸壁側を入れにくい
- 各パーツが大きく重いため拡大撮影時に取り付け・取り外しが大変
- メーカーにもよるが画像の表示方向や挿入文字が調整困難なケースがある
- 1回の検査における操作卓での操作が多くて煩雑
- 撮影後の画像表示が早くポジショニングの良し悪しが確認しやすい
- メーカーごとに撮影補助の工夫が盛り込まれ

ている

全体的な印象として、アナログやCRのコンパクトさ・シンプルさを知っている世代には、撮影に限定して言うと、使いにくいと感じる部分が多い。とはいえ、X線照射直後から画像確認ができるのは心強い。暗室や自動現像機の記憶がある世代には、「現像の途中で写真がボツになった」「撮影条件が不適切で再撮になった」と言った苦い経験があり、その心配がほぼゼロに等しいFPDシステムの恩恵は非常に大きいその上に、読影の際に最も悩ましいと感じる乳腺の重なりをずらして観察できるDBTシステムへの期待も大きい。

以前見学した施設の装置では、トモシンセシスを撮影する際にフェイスガードを外しており、フェイスガードだけでも結構な大きさがあるため、置き場所の確保も考えなければならぬ様子であった。時間的制約のある中で、複数名続けて検査するには、1回ごとの着脱だけでも大変な苦勞である。

当施設の装置は、フェイスガードを取り外すことなくDBT撮影可能で、さらにMLOの際には胸壁側へ退避させて、術者のポジショニングスペースを確保できる工夫が採用されている。

メーカーによってさまざまな特徴があり、機器選定の際には十分な調査が必要である。

### 4. 導入・運用するに当たって

- DBTを行うか否かをどのように区別するか
- 読影の負担
- データの取り扱い
- コストに関係すること

上記については、導入の際に最も悩み、苦勞した。同様に悩む方が多いようで、質問を受けるのもこの内容が多い。

解決には、施設・部門・職種を越えた連携が必要であった。

乳腺外科医師、放射線診断科医師に相談し、一緒にビューワを使用した読影勉強会に参加し、デモ機での運用経験のある関連施設の医師にも意見を伺って検討した結果、当施設では診療で行うマンモグラフィの全例を、CC・MLO共に2D+DBT対象とし、2D撮影後に再ポジショニングす

ることなく続けて DBT 撮影可能な装置を導入した。

全例対象とした主な理由は、当院の診療マンモグラフィの7割以上が部分切除後の経過観察であり、イレギュラーな重なりによる病変の見落としを防ぐため、また、術後患者以外は紹介患者がほとんどであり、他施設で2Dはすでに撮影済の場合が多く、あらためて精密検査としてのマンモグラフィを行うならば、それ以上の情報を得る必要性が高いと考えたためである。CC・MLOの2方向で行うのは、DBTにおいてもブラインドエリアによる欠損を少なくするためと、FADの除外を考えたとき、どちらか1方向で疑われるFADを多く経験し、その見極めに役立つと考えたためである。

そのかいあって、導入後に自身が携わっていた数ヵ月の間だけでも、数人の偶発的発見症例を経験した。関連病院から手術目的で来院した紹介患者で、患側と反対側に見つかった例や、同側ではあるが診断済の病巣とは異なる腺葉に見つかった例であった。

読影については、2Dでは行っていなかった読影レポートを添付するように放射線診断科に協力を仰いだ。デモ機で運用していた他施設の乳腺外科医師から「診察室に数十枚ものDBTを送られても、とても読影できない。有用性はわかるが診察室にはその結果が分るようにして届けてもらわないと、無意味なものになる。」とのアドバイスをいただき、それに準じた。

DBTデータの扱いについては、全データをPACSへ転送するとサーバ容量を圧迫するため、一時的に部門内で保管し、3～5mm間隔で技師が抜粋した画像のみをPACSへ転送した上で、有意所見のkey画像をレポートに添付している。レポート発行後、診察やカンファレンスが終了したところに、部門内でDBTデータは削除している。もちろん、レポート作成の際には専用ビューワを使用し、2DとDBT全データで画像確認を行っている。

コストについては、残念ながら現時点でもDBTに対する診療報酬加算はない。学会を通じて再三申請は提出されているようである（「1. 有

用性」で引用した医療技術再評価提案書の本文にて詳細が確認可能)。DBTが認可された当初は、一般撮影領域のトモシンセシスでの断層加算を適応できると解釈されており、以前の資料を参考にして誤って加算請求を行わないよう気を付けなければならない。どの施設でも、高額機器導入の際には、生産性を見積もり収益増に貢献する内容を、医学的有用性と併せて管財課や検討委員会に提出しなければならない。前述した「医療技術再評価提案書」の中に、「予想影響額」として参考になる数値が記載されているため、書類作成時に活用できる。

## 5. 超音波検査をする側から

- 超音波検査開始前に確認できる検査の種類が多い方が見落とし防止につながる
- 所見の位置や周囲組織との関連性の把握ができる
- 乳頭直下の所見確認が容易
- マンモグラフィと超音波での総合診断においても特異度向上に貢献

自身が現在所属する検診部門では、乳腺超音波検査の前に、マンモグラフィ(2D)と人間ドックの標準コースの内容である胸部CTが終了した状態となるよう調整している。CTは乳房全体がFOVの中に入っていない場合もあるが、CTで偶発的に結節や構築の乱れを疑い、その部分を注意深く超音波で観察することで発見できた悪性所見も複数経験しているため、確認できる情報は全て有効に活用している。また、超音波検査において初見で発見し、過去画像を確認すると、CTでのみ疑わしい兆候が確認できた症例も経験した。その症例は全例マンモグラフィ(2D)でも検出できていたかという点、残念ながらそうでもない。「CTで見えているのになぜマンモグラフィで描出できないのか」と大変悔しく、「DBTで検査していたらなあ」と思ってしまう。裏を返せば、それだけ断層検査は、所見を検出しやすいモダリティと考えられる。

所見の位置や周囲組織との関連性の把握、超音波で観察しにくい乳頭下の確認も、DBTなら容易となる。特に、マンモグラフィ(2D)で所見

が疑われても、CCもしくはMLOの1方向のみである場合、検診では本人に症状がないため、超音波で所見を狙って検査する領域が広範囲となり大変苦勞するが、DBTならば断層面の奥行情報からおおまかにでも立体的位置関係を把握できる。

超音波で腫瘍か孤立した脂肪か迷う場合に、DBTで周囲組織との位置関係を確認し、「これは脂肪」と判断できることもある。マンモグラフィと超音波の総合診断を考えた場合でも、「病変を見つける」だけでなく、「迷うことなく正常と判断できる」ことにDBTは貢献できると考える。

## 6. おわりに

以上、「検診施設にて思うDBT」とはすなわち、「早く当部門でもDBT導入したいなあ」と言う私的な希望でもあるが、検診部門への導入については慎重に検討しているところである。

日本乳癌学会が示す乳癌診療ガイドライン<sup>2)</sup>において、「乳房トモシンセシスは高濃度乳房に対する対策型乳がんマンモグラフィ検診の補助的乳がん検診モダリティとして推奨されるか？」と言う問いに対して、推奨グレードは3（行わないことを弱く推奨する）となっている。

これは「がん検診の有効性を示す死亡率減少効果が認められないこと」から設定されたグレードであるが、人間ドックのような任意型検診を受診する方々の多くは「異常なし」を確認することが重要な場合もある。疑わしい所見への不必要な再検査によって、受診者への精神的・経済的負担が増えることを抑制することも必要である。

それは、結局のところ検査の特異度を上げることにつながるが、読影力には個人差があり、認定制度で標準化は進んでも、難しい所見はどうしても迷うものである。より多くの医療者が「正常」か「異常」かを見極めやすくなり、その結果、精密検査や外来受診者が適正数となることは、医療費や診療の混雑にも、何らかの良い影響をもたらすのではないだろうか。

それぞれの施設における背景によって、優先すべきことは少しずつ異なるため、診療放射線技師の要望だけではなく、さまざまな要素を考慮して

使用を検討するシステムというのが、現在の日本におけるDBTの位置付けであると考えている。

## 7. 参考文献

- 1) 医療技術再評価提案書（保険既収載技術用）  
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000181687.pdf>
- 2) 乳癌診療ガイドライン 2018年度版  
<http://jbcgs.gr.jp/guideline/2018/index/kenshingazo/cq2/>

## 第5回診療放射線技師 BRT セミナー 〈メインテーマ 救急〉

開催日：2019年9月7日（土）13時から17時

場 所：浦和コルソホール（コミュニティープラザ・コルソ7階）

## 若手セミナー 抄録集

「救急医療に必要な診療放射線技師としての知識～他者の経験を自分のものに～」

座長：上尾中央総合病院 茂木 雅和

・「心電図を学ぼう」～胸痛患者の心電図異常～

春日部市立医療センター 中嶋 幸孝

・「3次救急症例から学んだ画像診断」～外傷初期診療を中心に～

さいたま赤十字病院 田中 里奈

・「外傷診療における診療放射線技師の役割」～外傷診療に対して何を考えるべきか～

国立病院機構 災害医療センター 萩原 健司

第5回 診療放射線技師BRTセミナー 参加費 無料	
Basic study of Radiological Technologist	
〈メインテーマ 救急〉	
場所：浦和コルソホール(コミュニティープラザ・コルソ7F)	
日時：2019年9月7日(土)13:00～17:00(受付開始 12:30～)	
13:00 ～13:20	【総合司会進行役】 国立がん研究センター中央病院 三松 真 開会の挨拶 国立がん研究センター東病院 永井 優一 製品紹介 光製薬株式会社
13:20 ～14:40	若手セミナー 「救急医療に必要な診療放射線技師としての知識～他者の経験を自分のものに～」 【座長】上尾中央総合病院 茂木 雅和 ・心電図を学ぼう～胸痛患者の心電図異常～ 春日部市立医療センター 中嶋 幸孝 ・三次救急症例から学んだ画像診断 さいたま赤十字病院 田中 里奈 ・外傷診療における診療放射線技師の役割 国立病院機構 災害医療センター 萩原 健司
14:40 ～14:50	休憩
14:50 ～15:50	基調講演【座長】 国立病院機構 さいがた医療センター 軍司 大栄 【救急撮影超入門～救急医療の質は診療放射線技師の手に掛かっている～】 演者：国立病院機構 水戸医療センター 放射線科 田中 善啓
15:50 ～16:00	休憩
16:00 ～17:00	特別講演【座長】 上尾中央総合病院 滝口 泰徳 【救急疾患を読み解く！～救急医の頭の中を覗いてみませんか？～】 演者：済生会横浜市東部病院 救命救急センター・重症外傷センター 妹尾 聡美
17:00	閉会の挨拶 国立がん研究センター中央病院 石原 敏裕
※日本X線CT専門技師認定機構 3単位 / 肺がんCT検診認定機構 5単位 / 日本救急撮影技師認定機構 2単位 ※本セミナーは、どなたでも参加可能です。 ※セミナー終了後に情報交換会を予定しております。	
主催： 光製薬株式会社	〒111-0024 東京都台東区今戸2丁目11番15号 電話：03(3874)9351 E-mail:toiawase@hikari-pharm.co.jp

## 「心電図を学ぼう」 ～胸痛患者の心電図異常～

春日部市立医療センター 中央診療部 放射線科  
中嶋 幸孝

### 1. はじめに

心電図は、疾患鑑別や心血管系疾患の診断・治療を行う上で必要な検査である。救急診療の胸痛患者においては診療の中心となる。

救急診療の場で診療放射線技師は迅速な搬送、スムーズな撮影が求められる。また撮影の質を高めるために採血・既往歴・心電図などの患者情報を得ることは重要と考える。心臓カテーテル検査に携わる医療スタッフにとって、心電図は必須の知識である。

本稿では、緊急性の高い胸痛患者の心電図異常、心筋虚血における基本的な心電図変化について症例を交えて紹介する。

### 2. 心電図の成り立ち

#### 2-1 心電図から読み取れること

心電図は心臓の電気的な活動の様子をグラフに記録する。心臓のみの筋電図とも言える。救急診療で用いられる心電図は12誘導心電図を指す。

心電図変化から読み取れることは不整脈といった脈拍の異常、心臓拡大の状況、電解質異常、心筋虚血など、多岐の病態に及ぶものとされる。

#### 2-2 活動電位

心筋が興奮する前、細胞内は電気的にマイナスを帯びている。外部から電氣的または機械的な刺激を受けると一気に興奮し、細胞の中はプラスを帯びる。興奮が冷めていくと、再び細胞内は電気的にマイナス、細胞外はプラスの電気を帯びる(図1)。

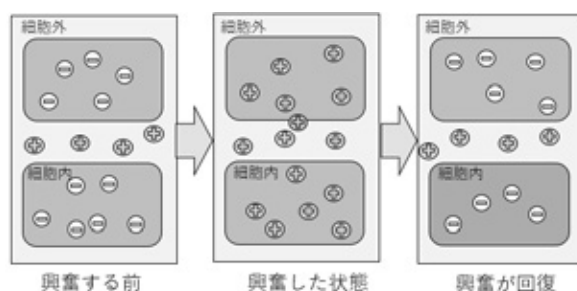


図1 心筋細胞の電位変化

この変化をグラフ(図2)で見えていくと、強い刺激が心筋に加わり、心筋内の反応が閾値に達すると心筋は一気に興奮する。興奮によって静止膜電位が0に近づくことを脱分極という。一度、脱分極すると興奮状態が続き、やがて自然に興奮が回復して元の静止膜電位に戻る。この回復過程を再分極という。脱分極の開始から再分極の終了までの心筋細胞の電気的活動サイクルを活動電位と呼び、心電図波形の元となる。活動電位は細胞内外のイオン交換によって電位を形成し、主にNa、Ca、Kイオン交換によって形成される。

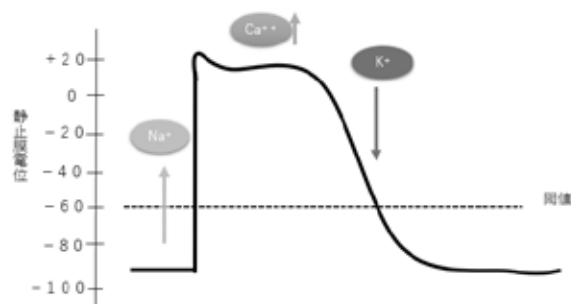


図2 活動電位の形成

次に心筋レベルの活動電位を見ていく。心筋の興奮は原則として、心内膜側から心外膜側に向かっていく。心外膜側の活動電位は持続時間が短く、心内膜側では持続時間が長いのが特徴である(図3)。

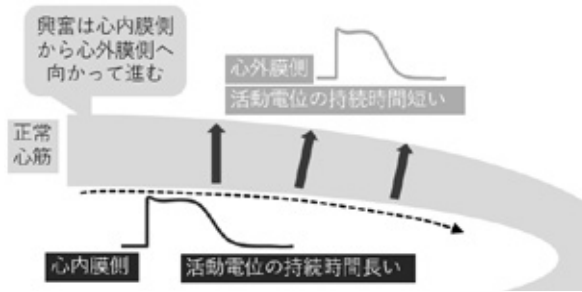


図3 正常心筋の活動電位

心臓の内側から外側に電気が流れる過程を体表から見たとき、心内膜側から心外膜側の活動電位を減算した体表心電図 QRST 波として計測する(図4)。

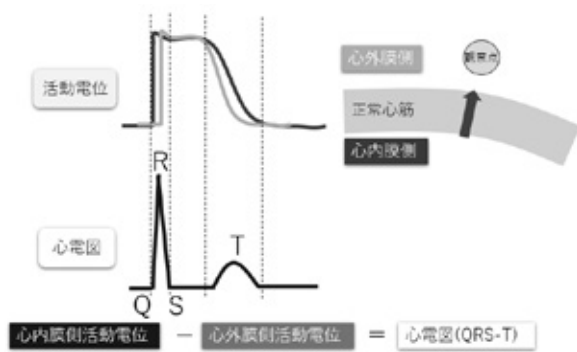


図4 心筋の活動電位と心電図波形

### 2-3 心電図波形の名称と意義

心臓の拍動を司る興奮の電気の流れ道を刺激伝導系と呼び、洞結節で作られた電氣的興奮は心房筋→房室結節→ヒス束→プルキンエ線維を通過して心室筋を収縮させ、その後回復過程に入る。この電氣的興奮を心尖部側より観察し、心電図波形を得る(図5)。

波の構成と意義については以下に示す。

- ① P 波：心房筋に興奮が伝わる波
- ② QRS 波：心室筋に興奮が伝わる波
- ③ T 波：心室筋の興奮が回復する過程の波
- ④ ST 部分：QRS 波の終わり (J ポイント) から T 波の始まりまで
- ⑤ PQ 間隔：心房から心室へ興奮が伝わる時間
- ⑥ QT 間隔：心室筋の興奮から興奮消退までの時間

QRS の終わりにあたる ST 部分の J ポイントが心筋虚血の判定指標となる。

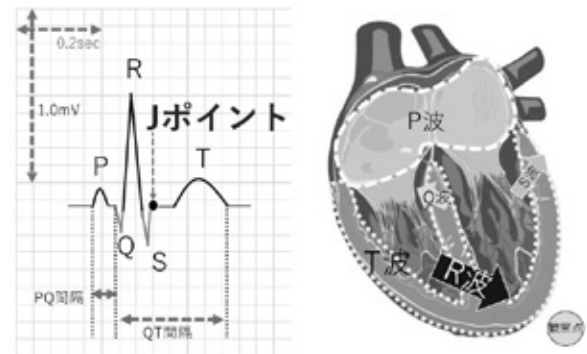


図5 心電図波形の構成

### 3. 12 誘導心電図

12 誘導心電図は 10 個の電極を装着し、12 通りの記録を行う。これにより心臓の立体的な電気活動を捉えることができる。

12 誘導心電図は胸部誘導と四肢誘導から構成される。

- ①四肢誘導 双極肢誘導：I、II、III 誘導  
単極肢誘導：aV<sub>R</sub>、aV<sub>L</sub>、aV<sub>F</sub> 誘導
- ②胸部誘導 単極肢誘導：V1、V2、V3、V4、V5、V6 誘導

#### 3-1 四肢誘導

I、II、III 誘導は前額面の 2 極間の電位差をみている。I は左手からみた左手と右手の電位差、II は左足側からみた右手と左足の電位差、III は左足からみた左手と左足の電位差となる。

aV<sub>R</sub>、aV<sub>L</sub>、aV<sub>F</sub> 誘導は電極を貼った位置から心臓の興奮の観察を記録する。aV<sub>R</sub> は右肩、aV<sub>L</sub> は左肩、aV<sub>F</sub> は足側から心臓を観察する(図6)。

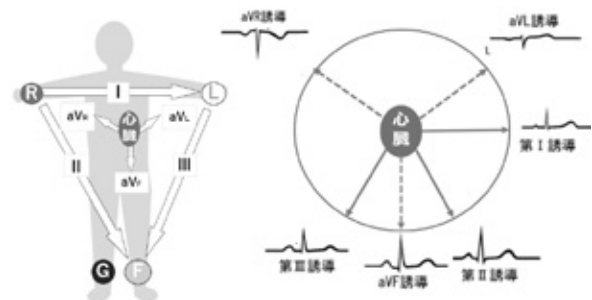


図6 四肢誘導の電極と波形



### 3-2 胸部誘導

胸部誘導は心臓の電気的変化を水平面に投影して、心臓を取り囲むように電位をみている。胸部誘導電極の装着を図7に示す。各波形をみるとV1よりもV6のR波が大きくなる(図8)。これは心臓の電気的活動が水平面で右側から左側方向に流れることを波形に反映している。

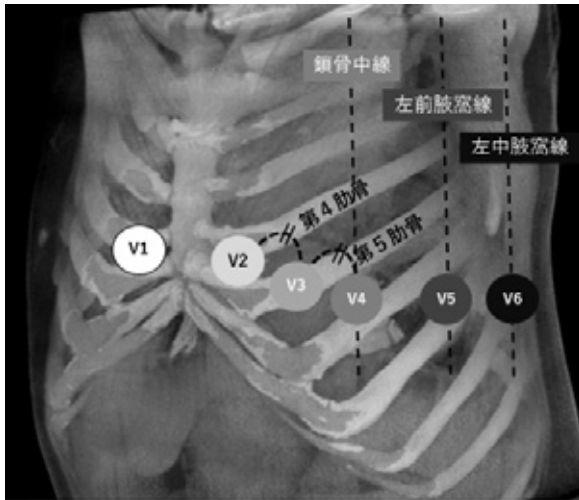


図7 胸部誘導電極の装着

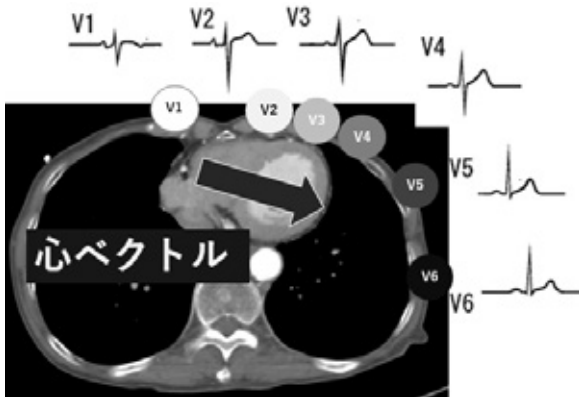


図8 胸部誘導の波形

### 3-3 正常12誘導心電図の特徴

正常12誘導心電図の特徴と波形を以下に示す(図9)。

- ① P波：I、II、III、aV<sub>F</sub>、V4～V6誘導で上向き方向の成分が大きい陽性波
- ② QRS波：II誘導で概ね陽性波
  - aV<sub>R</sub>誘導は下向き成分優位の陰性波
  - V1誘導は下向き成分優位の陰性波
  - V3～V4誘導で陽性波と陰性波が同

じくらい(移行帯)

V5、V6誘導で陽性波優位

③ T波：概ねQRS波と同じ向き

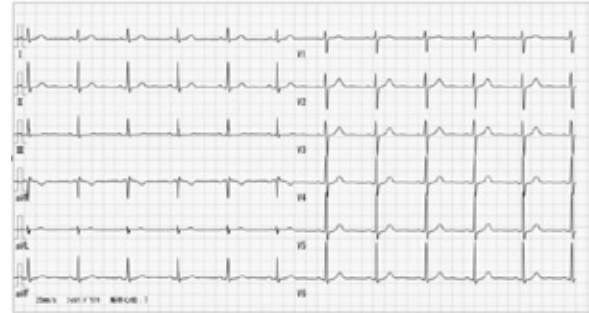


図9 正常心電図波形

## 4. 虚血性心疾患の心電図

### 4-1 判定指標のポイント

ST部分は原則として、連続するP波の立ち上がり部分を結んだ基線(等電位線: isoelectric line)に一致する(図10)。

心筋虚血は心室筋の興奮(QRS波)から回復(T波)の過程で障害が起き、電気的変化が起こる。

急性期の虚血性心疾患症例において、QRSの終わりにあたるST部分のJポイントに基線から上昇または下降といった心電図変化が及ぶ。

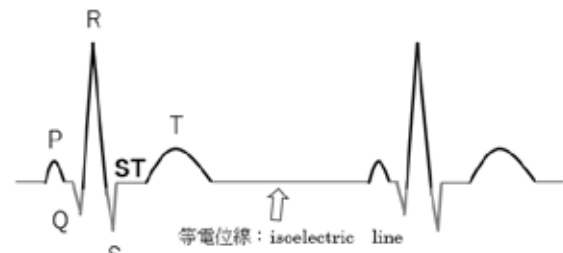


図10 基線とST部分

### 4-2 狭心症の心電図変化メカニズム

冠動脈に優位狭窄があり、末梢側の心内膜側に虚血が局在している狭心症の場合、心内膜側と心外膜側で心臓の興奮状態の差、活動電位の差が心電図上でST変化として記録される。この様子を体表面上に装着した電極から観察すると、活動電位の正常心筋の高い活動電位から低い活動電位を見ることとなり、結果ST下降として記録される(図11)。

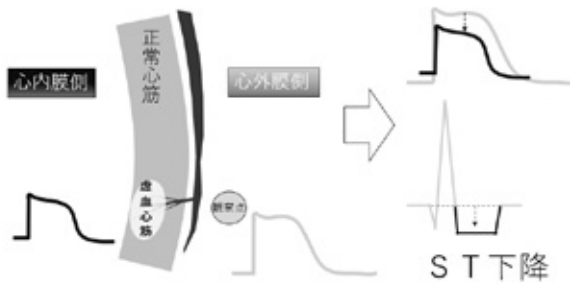


図11 狭心症の心電図変化例

#### 4.3 心筋梗塞の心電図変化メカニズム

冠動脈が閉塞し、支配領域に対して心外膜まで貫壁性に虚血が進んだ状態を考える。この場合、体表面上に装着した電極から観察すると、異常心筋の低い活動電位から正常心筋の高い活動電位を見ることがとなる。その様子がST上昇として記録される(図12)。

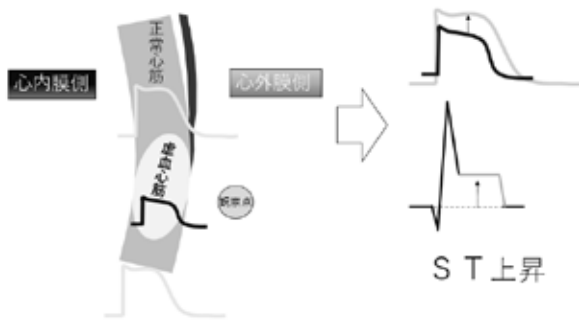


図12 心筋梗塞の心電図変化例

#### 4.4 ST上昇の判定

急性冠症候群ガイドライン(2018年改訂版)によると、隣接する2つ以上の誘導でjunction(Jポイント)から1mm以上上昇した場合(V2-3誘導では、40歳以上の男性の場合は2.0mm以上、40歳未満の男性の場合は2.5mm以上のST上昇、女性の場合は年齢問わず1.5mm以上)で、急性心筋梗塞のST上昇と判定される。

#### 4.5 12誘導心電図と心筋領域の関係

冠動脈に閉塞がおき、特定の心筋領域が障害された場合、障害された領域に対する誘導に心電図変化が及ぶ。急性心筋梗塞領域に対する12誘導心電図の関係を表1に示す。

表1 急性心筋梗塞領域と12誘導心電図の関係

梗塞部位	梗塞波形が出現する誘導												主な閉塞枝	
	I	II	III	aV <sub>R</sub>	aV <sub>L</sub>	aV <sub>F</sub>	V1	V2	V3	V4	V5	V6		
前壁中隔							●	●	●	●				左前下行枝
広範囲前壁	●				●	●	●	●	●	●	●	●	○	左前下行枝
側壁	●				●								●	左前下行枝 左回旋枝
高位側壁	●				●									左前下行枝 左回旋枝
下壁		●	●			●								右冠動脈
後壁							*	*						左回旋枝 右冠動脈

●:主にST上昇する ○:ST上昇する可能性がある ☆:R波増高

また、心臓CTのVR像に対して電極を貼り付けて考えてみると、冠動脈の支配領域と12誘導心電図との関係がよく理解できる(図13)。前壁中隔はV1からV4で、下壁はII、III、aV<sub>F</sub>、側壁はV5、V6、高位側壁はaV<sub>L</sub>、I誘導で反映していることとなる。aV<sub>R</sub>は心基部側から観察し、電気的活動する方向から遠ざかる方向を反映していることがわかる。

急性心筋梗塞症例において、病態予測や多枝病変の責任血管の同定にこの関係の理解が必要である。

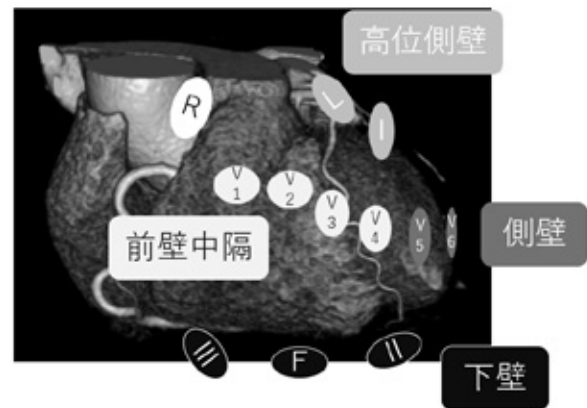


図13 冠動脈の支配領域と12誘導心電図の関係

#### 4.6 心筋梗塞の時間的変化と異常波形

心筋梗塞の心電図波形は発症からの時間経過によって変化を伴い、異常波形を呈する(図14)。

心筋障害の程度、壊死の状態により変化が異なる。

異常波形を以下に示す。

- ① ST上昇: 冠動脈の閉塞または高度狭窄を示す

- ②異常 Q 波（幅 0.04sec 1mm、振幅 R 波の 4 分の 1 以上）：心筋壊死部の存在を示す
- ③冠性 T 波（心筋梗塞時、左右対称陰性 T 波）：心筋虚血の存在を示す

心筋梗塞による T 波の増高、ST の上昇がみられる場合、急性期の心電図変化で、心筋壊死に至っていない救済可能な心筋領域があり、迅速な治療が必要となる。

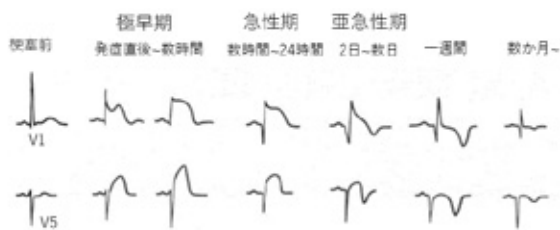


図 14 心筋梗塞の時間的心電図変化  
心筋梗塞発症直後～数時間では、T 波が尖鋭化 (Hyper acute T wave) や ST 上昇がみられる。数時間～24 時間で異常 Q 波が出現する。数日後以降に ST が減高し、T 波が陰転化する冠性 T 波がみられる。数か月後には、R 波の減高と異常 Q 波が残る。

#### 4.7 ミラー効果

心筋梗塞が起きた場合、電極位置の対側の波形が ST 部分や Q 波に現れる。これをミラー効果と呼び、虚血性心疾患の診断に有用な心電図変化となる (図 15)。

前 (側) 壁誘導 (I、aV<sub>L</sub>、V<sub>2</sub>～V<sub>6</sub> 誘導) に対して、下壁誘導 (II、III、aV<sub>F</sub>) は、互いに対側誘導に当たる。

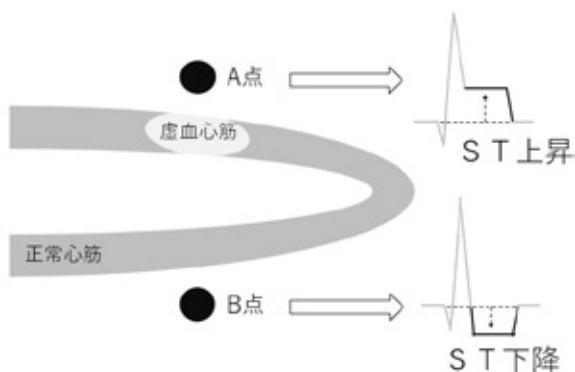


図 15 ミラー効果  
A 点側に心筋虚血が存在し、ST 上昇を記録した場合、対側の B 点に ST 部分のミラーとした ST 下降が観察される。

#### 5. 症例

ここでは ACS (acute coronary syndrome) 症例について 2 例提示する。

##### 5-1 症例 1 急性下壁心筋梗塞

《患者情報》

68 歳 男性

《現病歴》

夜間 0 時より、胸部絞扼感、背部痛、呼吸苦が現し、救急搬送された。

《リスクファクター》

#1 2 型糖尿病、#2 高血圧、#3 高脂血症

《血液データ》 (搬送直後 発症 2 時間後)

WBC:10790、トロポニン I:0.08、CK-MB:10

《心電図所見》

搬送直後の心電図で II、III、aV<sub>F</sub> で ST 上昇と対側性変化として I、aV<sub>L</sub> に ST 下降を認める (図 16)。

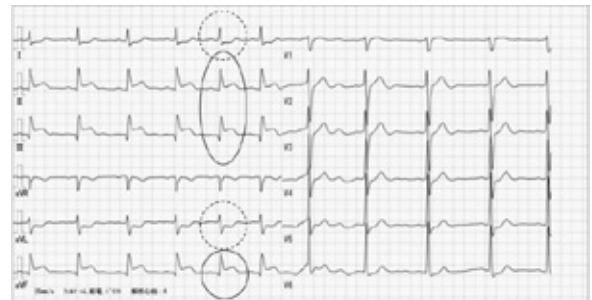


図 16 症例 1 12 誘導心電図  
II、III、aV<sub>F</sub> で ST 上昇 (○) を I、aV<sub>L</sub> に ST 下降 (○) を認める。

《画像所見》

CAG では RCA に完全閉塞を認め、PCI が施行された (図 17)。



図 17 RCA LAO 像

## 5-2 症例2 急性前壁中隔心筋梗塞

## 〈患者情報〉

56歳 男性

## 〈現病歴〉

労作時の息切れを自覚し、精査中。

来院2日前より、胸痛を認めていた。

夜間未明に胸痛と呼吸苦が出現したため、救急搬送された。

## 〈リスクファクター〉

#1 高血圧、#2 高脂血症

## 〈血液データ〉（搬送直後 発症2時間後）：

WBC:11270、トロポニンI:9.0、CK-MB:23

## 〈心電図所見〉

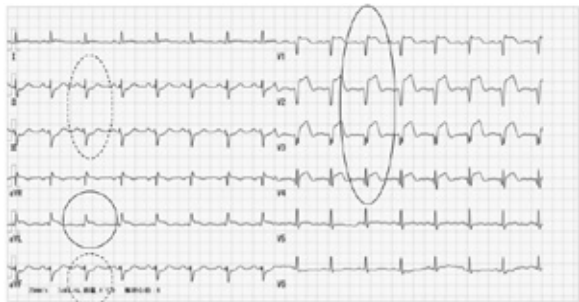
V1～V4、aV<sub>L</sub>にST上昇、V1～V4に異常Q波と対側性変化としてII、III、aV<sub>F</sub>にST下降を認めた（図18）。

図18 症例2 12誘導心電図

V1～V4、aV<sub>L</sub>にST上昇、V1～V4に異常Q波（○）をII、III、aV<sub>F</sub>にST下降（○）を認める。

## 〈画像所見〉

LAD #6 distalに99%狭窄を認め、造影遅延を伴い末梢まで造影された（図19）。

LADに対して、PCIが施行された。

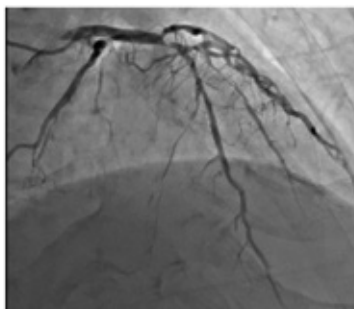


図19 LCA RAO + cranial像

## 6. まとめ

心電図の成り立ちから虚血性心疾患の代表的な心電図異常について概説した。

救急診療は迅速に検査から治療へ移行することを求められる。検査前に患者情報を取得することで、患者重症度を知り、円滑な患者受け入れが可能となる。また検査目的の理解が深まることで、的確な検査の実施につながる。

本稿が救急診療に必要な患者情報として、胸痛患者に対する心電図の理解の一助になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 早川弘一、村松準、他：心電図マニュアル、照林社、61-70、2008
- 2) 日本循環器学会：急性冠症候群ガイドライン（2018年改訂版）、19-23、2018
- 3) 渡辺重行、山口巖：心電図の読み方 パーフェクトマニュアル、羊土社、24-41、2015

## 「3次救急症例から学んだ画像診断」

～外傷初期診療を中心に～

さいたま赤十字病院

田中 里奈

### 1. はじめに

今日の医療機器の進歩に伴い、医療における画像診断の役割はより高まってきている。救急医療においても、マルチスライスCT装置の登場で広範囲を短時間で撮影できるようになったことや、画像再構成の高速化などによりその役割は増大してきた。それに伴いわれわれ診療放射線技師は、迅速かつ的確に画像情報を提供し、さらに読影の補助を担う専門家としての能力が期待されてきている。

特に、救急領域の画像診断は肺循環器障害や心大血管疾患、高エネルギー外傷など多岐にわたる。今回、当院での搬送数が多い外傷診療について述べていく。

### 2. 外傷初期診療について

#### 2-1 高エネルギー外傷

高エネルギー外傷とは高所墜落や自動車事故など、身体に大きな外力が加わって起こる外傷を指す。外傷による死亡には大血管損傷や致命的脳損傷で即死もしくは数分で死亡する場合、または病院搬送後に呼吸障害や出血が原因で数時間後に死亡する場合、敗血症や多臓器不全で数日以内に死亡する場合が挙げられる。救急初期診療は病着後の「防ぎ得る死亡」を回避することを目的とする。

#### 2-2 外傷初期診療の流れ

外傷患者の搬送が決定すると受け入れ準備、Primary Survey、Secondary Survey、根本治療といった手順で処置を行う。

受け入れ準備では、超音波やX線（CT室、ポータブルX線）の準備、ガウン、マスクの着用などが当たる。

患者到着後に第一印象の確認すなわち Primary

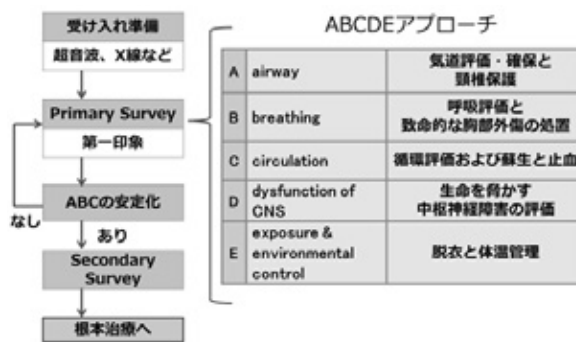


図1 ABCDE アプローチ

Surveyを行う。Primary Surveyは生命維持のための生理機能に基づいたABCDEアプローチという流れで行う（図1）。

Primary Surveyが完了しA-B-Cの安定が確認できたらSecondary Surveyに移行する。これには、「切迫するD」に対する頭部CT検査、病歴の聴取、身体所見の観察、検査、感染予防が当たる。「切迫するD」と表現される意識レベルの急激な悪化、瞳孔不同など生命を脅かす重症頭部外傷を疑う場合は最優先で頭部CTを施行する。病歴聴取ではアレルギー歴、既往歴、受傷機転や受傷現場の状況を本人、救急隊、家族、関係者から聴取する。身体所見の観察では頭頂から足の爪先まで視診、聴診、触診で判断していく。検査ではX線撮影、CT検査、気管支鏡、消化管内視鏡などがある。近年ではCT装置の進化に伴い、「切迫するD」での頭部CTに続けて全身CT検査（Trauma Pan-scan）を撮影する流れが主流となってきている。感染予防では開放創の洗浄、抗菌剤の予防的投与などを行う。

この流れで初期診療を行い、そこで明らかになった損傷に対して根本治療を行っていく。

### 3. 初期診断に必要な画像検査

#### 3-1 Primary Survey における画像診断

Primary Survey では ABCDE アプローチの中でも B と C の異常に対する原因検索のために胸部および骨盤部のポータブル X 線撮影を初療室で行う。胸部画像では B の安定を脅かすフレイルチェスト (図 2)、B-C の安定を脅かす緊張性気胸や大量血胸の有無の確認を行う。

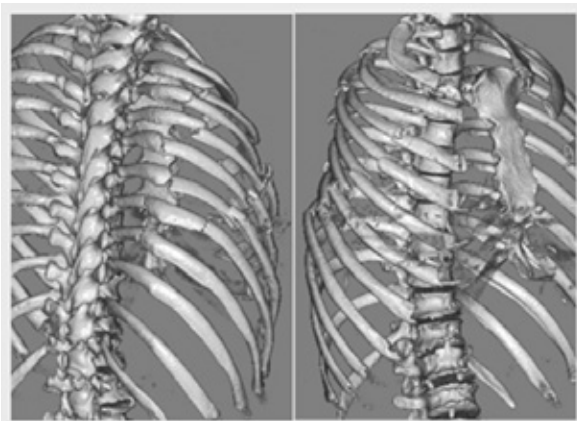


図 2 フレイルチェスト

骨盤画像では C の安定を脅かす不安定型骨盤骨折の有無を観察する。不安定型骨盤骨折とは靭帯損傷があり輪状構造に破綻を来している骨折を指し、部分不安定型と完全不安定型に分けられる。部分不安定型は回旋方向に不安定性を示すが垂直方向には安定性を保つのに対し、完全不安定型では骨盤後方構造が完全に破綻しており、回旋方向にも垂直方向にも著しい不安定性を有する (図 3)。どちらも出血性ショックに至る危険がある重篤な病態であるが後者のほうが、骨盤内血管損傷や他部位損傷を合併することが多く、生命予後が不良な骨折型である。



図 3 骨盤骨折の分類

#### 3-2 Secondary Survey における画像診断

近年の Secondary Survey における CT 検査では、前述したとおり全身 CT 検査の撮影が主流となっている。これは予期せぬ損傷の発見や治療までの時間短縮に有用であるとされているためである。

情報量の多い全身 CT 画像を迅速かつ適切に読影し、治療に結び付けるために 3 段階に分けて読影を行う方法がある。その第 1 段階は緊急度の高い損傷のみに焦点を当て、3 分以内に評価を行う。第 2 段階は第 1 読影後速やかに行い、血腫や腹腔内遊離ガスなど治療方針に大きく関わる情報を探す。第 3 段階は患者の状態が安定した頃、放射線専門医が読影を行う。先入観を持たず読影することで初回読影時での見逃しの発見につながる。

特に、この第 1 段階を FACT (focused assessment with CT for trauma) と呼び、Secondary Survey における画像診断で重要となる。

#### 3-3 FACT

FACT とは直ちに緊急処置を要する項目だけを 3 分以内に評価する、また命の危険がある損傷のみを見つけるという意味をもつ。患者移動時のリスクを考え、患者が CT 台から降りるまでの時間で読影を行うことが望ましいとされている。FACT は ABCDE アプローチとは異なり A-B-C の順に観察するのではなく画像が得られた順に観察する (表 1) (図 4 ~ 8)。

表 1 FACT の観察事項

部位	観察項目	ポイント
①頭部	緊急減圧開頭術の必要性 (図 4)	細かな出血は第二読影で
②大動脈 (肺動脈レベル)	大動脈損傷、縦隔気腫 (図 5)	大動脈損傷の好発部位
③肺底部 (肺野条件)	広範な肺挫傷、血気胸、心臓血腫 (図 6)	臥位の場合血気胸は肺底部で観察しやすい
④骨盤腔	腹腔内出血	大量腹腔内出血はタグラス高までたまる
⑤骨盤→脊椎	骨盤骨折、後腹膜血腫 (図 7)	高位後腹膜血腫は primary survey では見つけにくい
⑥臓器損傷	実質臓器損傷 (肝臓、脾臓、腎臓、膀胱)、腸間膜血腫 (図 8)	とくに腸間膜血腫は FAST で検出できない

頭部では緊急開頭減圧術の適応を判断する。頭蓋内圧を上昇させるような活動性の血腫は、中枢

神経障害を来たすため緊急開頭減圧術の対象となり得る。次いで肺動脈レベルを観察する。大動脈損傷があると循環動態に急激な変化が起こり得るが治療による救命率は高いため早期発見、早期手術を必要とする。肺底部は肺野条件で観察する。臥位の場合、血気胸は肺底部で観察しやすい。呼吸に影響を及ぼし得る広範な肺挫傷、閉塞性ショックに発展し得る気胸や心嚢血腫を確認する。次に循環に影響を及ぼし得る血胸、腹腔内出血、後腹膜血腫を素早く観察する。骨折がわかる程度のWW、WLに設定し骨盤、椎体骨折を確認、さいごに実質臓器の損傷を確認する。緊急止血術の適応となり得る大量の腹腔内出血や血管外漏出が無いか確認し、細かな出血は第2読影以降で行う。



図4 急性硬膜外血腫  
急性硬膜外血腫により正中偏位が見られる  
外傷性くも膜下出血も併発している

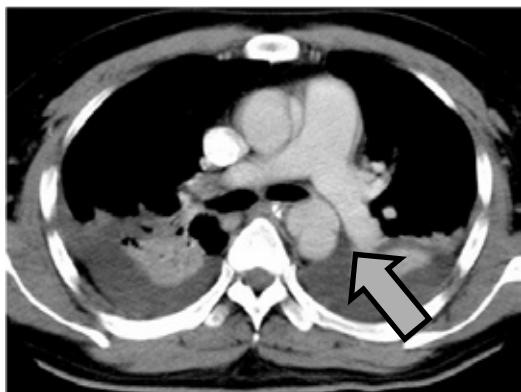


図5 大動脈損傷  
矢印の部分に血管損傷がみられる。大動脈損傷の好発部位は左鎖骨下動脈分岐部直下の下行大動脈である大動脈峡部と呼ばれる部位

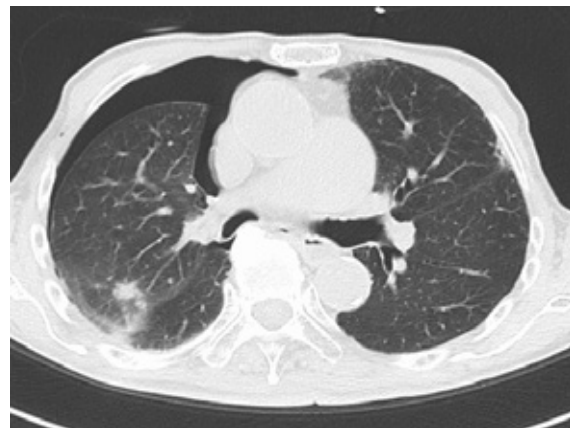


図6 気胸、肺挫傷  
右肺野の肺挫傷および気胸を認める。循環に影響を及ぼす気胸や血胸には迅速なロッカー挿入を必要とする



図7 骨盤骨折  
右腸骨骨折と血腫を認める



図8 腎損傷  
左腎損傷を認める。早期相から血管外漏出を伴う活動性の出血では今後循環動態の悪化につながりかねないため開腹術や血管造影（TAE）の施行を予測する

#### 4. 症例

30歳女性

歩行中に自動車と接触。救急隊現着時、畑の中に左側臥位、外出血量は中等度。高エネルギー外傷と判断しドクターカー要請となった。A-Cは安定していたがJCS200でDの異常を認めた。

・画像所見（ポータブルX線写真）

来院時ポータブルX線写真では胸部では異常を認めなかったが骨盤の輪状構造に破綻を認めた（図9）。

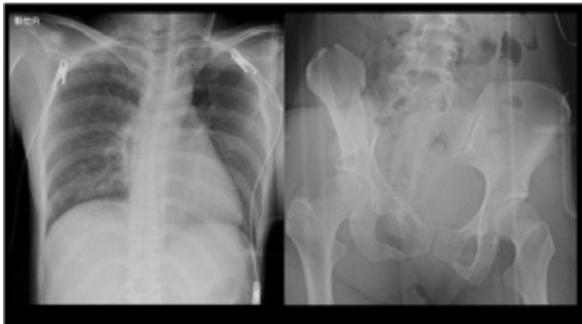


図9 来院時 X-P

・画像所見（CT）

全身CT画像で早期相から血管外漏出を伴う右腸骨骨折、仙腸関節離開、恥骨、座骨骨折を認めた（図10、図11）。

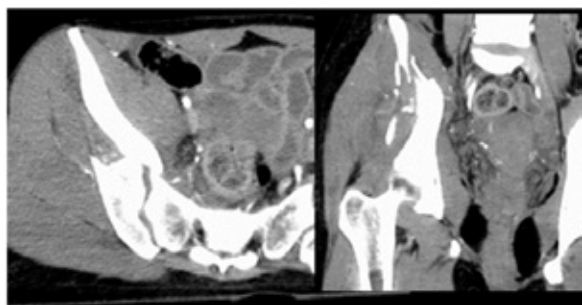


図10 早期相（30秒）CT

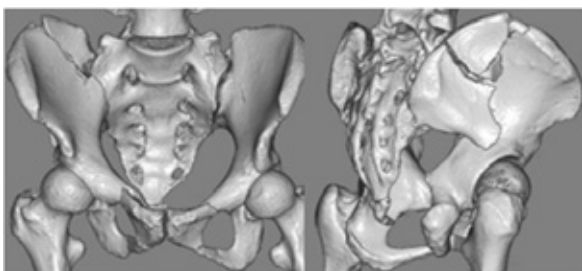


図11 骨盤部3D画像

・治療方針

Primary Surveyにおける画像診断（ポータブルX線）で不安定型骨盤骨折を認めた。またSecondary Surveyにおける画像診断（全身CT検査）で出血性ショックになり得る活動性出血を認めた。以上から緊急で経カテーテル動脈塞栓術（TAE）の方針となり、内腸骨動脈出血部位の塞栓を行った（図12）。

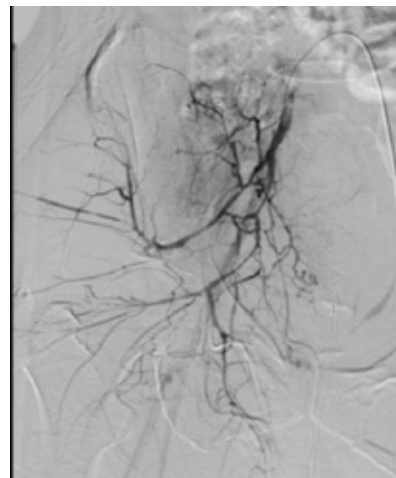


図12 骨盤部血管造影

#### 5. さいごに

画像診断において各モダリティにおける専門的な知識や技術の重み付けが高くなり、それらは一般診療にとどまらず救急診療にも及んできた。救急現場では患者の容体がいつ急変するかわからないといった時間的制限のなかで、的確な情報を提供するスキルを習得していかなければならない。画像だけではなく事前の患者情報やバイタルも把握したうえで「防ぎえる死亡」を回避するために、次に求められる検査や画像を予測しながら臨むことが重要だと考える。

#### 6. 参考文献

- 1) 改定第4版 外傷初期診断ガイドライン
- 2) 改定第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



## 「外傷診療における診療放射線技師の役割」

～外傷診療に対して何を考えるべきか～

国立病院機構 災害医療センター

萩原 健司

### 1. はじめに

交通事故、労働災害、自然災害などによる外傷患者は相当数に上る。このような外傷診療に対してチーム医療の重要性が説かれている今日であるが、チームの一員として診療放射線技師はどのような役割を担うことができるのか。

本稿では、外傷診療の「一連の流れ」にフォーカスをあて、その中で診療放射線技師がやらなければならないこと、考えなければならないことについて述べていきたい。

### 2. 外傷診療の基本

#### 2-1 JATEC

外傷診療での大きな目的は「防ぎ得た外傷死」(Preventable Trauma Death: 以下PTD)を避けることである。このPTDは、適切な診療を行えば救命し得たにも関わらず、それらを怠ったために救命できなかった外傷死亡を指す。例えば気管挿管による確実な気道確保、心タンポナーデや緊張性気胸の解除など、適切な処置を行えば救命し得た症例などが該当する。

このPTDを回避するため、日本救急医学会を通じ外傷初期診療ガイドラインJATEC (Japan Advanced Trauma Evaluation and Care)<sup>1)</sup> という形でまとめられ、外傷診療の標準化がなされている。このガイドラインは臨床現場の診療指針であると同時に、研修コーステキストとしても使用されている。

診療放射線技師においては、救急認定制度の中で外傷診療の標準としてテキストやセミナーに取り入れ、周知が図られている。

#### 2-2 外傷診療の原則

一般の日常診療では現病歴や既往歴を聴取し、身体所見をとり鑑別診断を行う。しかし、救急診療での外傷患者に対しては日常診療と全く異なる手順で診断を行わなければならない。JATECでは、外傷診療における守るべき戒律(図1)を提言しており、医師はこの戒律を遵守し診療を行っている。特に「時間を重視する」「二次損傷を加えてはならない」の項目に関しては診療放射線技師に深くかかわる項目であり、外傷診療チームの一員として戒律を遵守し、診療にあたる必要がある。

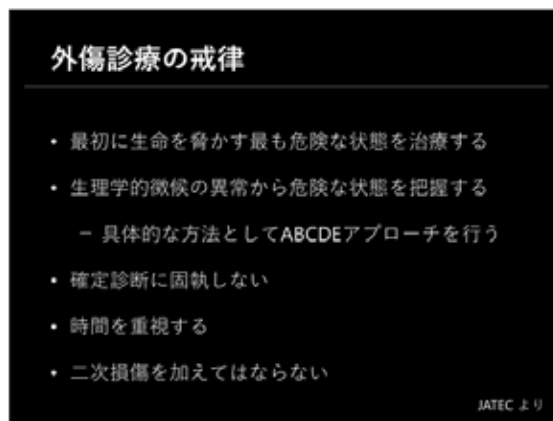


図1 外傷診療の戒律

#### 2-3 時間との戦い

重症外傷ではショックといわれる症状により死に至るケースが多い。ショックとは、主要臓器への有効な血流が低下して組織代謝に異常をきたし、細胞機能が維持できないことによる症候群であると定義される。言い換えれば、細胞、組織の酸素需要と供給量のバランスが崩れた状態である。進行すれば、細胞、組織機能の障害から臓器不全を呈し、最終的には死に至る。

外傷患者におけるショックの9割は出血性

ショックによるものといわれている（残りの1割は心タンポナーデ、緊張性気胸といった閉塞性ショック）。出血性ショックをきたすケースでは、受傷してから止血するまで、血が流れ続けている状態であるといえる。また、外傷後には組織損傷に対する止血・創傷治癒過程の一環として生理的凝固線溶反応が起こる。重症外傷急性期では凝固反応を超えて線溶反応が著しく過剰となり、出血傾向が前面にみられる病態 = 線溶亢進型 DIC（播種性血管内凝固症候群 Disseminated Intravascular Coagulation : DIC）が発現する<sup>2)</sup>。線溶亢進型 DIC が発現している場合、「血が流れ続けている状態」に「出血傾向を前面とする凝固異常」が加わり、より危険な状態に陥る。重症外傷患者においては止血が3分遅れるごとに死亡率が1%上昇するといわれ、いかに早く止血できるか、この時間との戦いが患者の生死に直結することになる。

外傷の急性期に出血性ショックであると判断した場合には、迅速な出血源の検索、適切な止血法を選択し、早急に治療へ移行する必要がある。われわれ診療放射線技師も円滑な診療を行うため、“時間”を意識した行動が求められる。

### 3. 外傷診療の流れ

#### 3-1 初期外傷診療手順の構成

外傷初期診療での基本的な流れを示す（図2）。



図2 外傷初期診療の流れ

外傷初期診療の手順として、まず生命維持のための生理機能にもとづいたABCDEアプローチ（後述）を最優先する。この最初の手順を外傷初期診療の「Primary Survey」と呼ぶ。ここで生命を危うくする生理学的機能の破綻が明らかになれば、ここで回復させ正常な機能を維持させる。これを「蘇生」といい、循環の安定化を図る。

生命の安全を保障したうえで、各身体部位の損傷を系統的に検索し、根本治療の必要性を決定する。これを「Secondary Survey」という。Primary Surveyで蘇生処置を必要とする病態を検索するために生理学的評価を用いるのに対し、Secondary Surveyでは損傷部位を検索するために解剖学的評価に主眼を置く。

Secondary Surveyで損傷部位が明らかになれば、根本治療を行う。

#### 3-2 ABCDE アプローチ

外傷初期診療における国際的に共通した概念としてABCDEアプローチが定式化されている。外傷患者を救命するためには、最初に生命維持の生理機能にもとづいたアプローチが重要である。Primary SurveyでABCDEの異常を把握し、この順で蘇生を行うことになる。以降、ABCDEアプローチの詳細を述べる

##### ① A : Airway

###### 【気道評価・確保と頸椎保護】

気道が確保されているか評価する。話しかけ、声が出ていればAに異常なしと判断する。異常があれば、吸引、下顎挙上、気管挿管、輪状甲状靭帯切開といった、侵襲度の低いものから蘇生を行い、気道確保に努める。

##### ② B : Breathing

###### 【呼吸評価と致命的な胸部外傷の処置】

頸胸部に対する視診・聴診・触診・打診により、呼吸状態および胸部外傷を評価する。異常があれば、酸素投与、補助換気を行う。

##### ③ C : Circulation

###### 【循環評価および蘇生と止血】

ショックの同定と蘇生を行う。血圧のみで評

価するのではなく、皮膚所見、脈拍、Capillary refill time (CRT)、および意識レベルなどから総合的に判断する。Cの異常が明らかになれば、初期輸液療法、および出血源の検索、止血を行う。

D : Dysfunction of D

【生命を脅かす中枢神経障害の評価】

意識レベル、瞳孔所見、片麻痺などから生命を脅かす重症頭部外傷の有無を評価する。

④ E : Exposure and Environmental control

【脱衣と体温評価】

全身の衣服を取り、活動性出血や開放創の有無をみる。また、輸液や脱衣により体温は急激に低下する。低体温は出血傾向を助長し、生命を脅かす危険な因子となるため、蘇生を妨げない方法で保温に努める。

#### 4. 外傷診療における画像検査

##### 4-1 Primary Survey における画像検査



図3 Primary Survey での画像検査

Primary Survey で行われる画像検査 (図3) は、生命の危機に瀕する可能性のある病態、具体的に致死的な胸部外傷と大量出血の有無を検索する。これはB (呼吸)、C (循環) の評価にあてはまる。この画像診断が蘇生の指針になり得るため、速やかに、かつ正確に行われなければならない。

実際の画像診断では何を診ているのだろうか。実際に評価すべきポイントを示す (図4)。それ

ぞれの病態を示す画像所見は今回割愛するが、身体所見と後述の画像検査から評価し、異常が明らかになれば直ちに蘇生を行う。



図4 Primary Survey で評価が必要な病態

##### 4-1-1 FAST

FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma) とは、ショックの原因となる大量血胸、腹腔内出血、心嚢液貯留の検索を目的とした迅速簡易超音波検査法のことをいう。評価すべき項目に焦点を当てて検査するため、術者による差はほとんどないとされる。FASTは時間をかけず、液体貯留 (出血) の有無のみを検索する。

##### 4-1-2 胸部 X 線撮影

A・B・C・Dに異常を認める場合や高エネルギー外傷の場合には必須の検査である。Primary Survey における胸部 X 線撮影でみるべきポイントに、「大量血胸の有無」、「フレイルチェストの原因となる多発肋骨骨折の有無」があり、撮影後

は詳細をみず、迅速に読影がされる。また、すでに挿入されたチューブ・カテーテル類があれば、それらの位置確認も行う。

#### 4-1-3 骨盤 X 線撮影

Primary Survey での骨盤骨折診断は X 線写真 1 枚で行われる。ここでみるべきポイントは、出血性ショックの原因となり得る「不安定型骨盤骨折の有無」であり、撮影後は迅速に読影される。

#### 4-2 Secondary Survey における画像検査

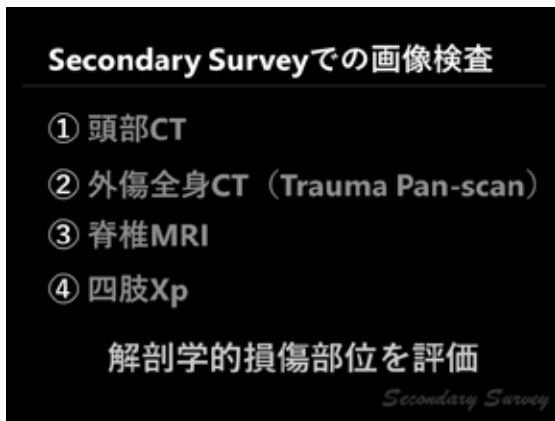


図5 Secondary Survey での画像検査

Secondary Survey は全身の損傷部位を検索する目的で行われ、Primary Survey の完了と蘇生の継続により、A・B・Cが安定していることを確認してから開始する。胸部と骨盤の X 線撮影を行っている場合は再度その読影を行う。身体所見の結果から必要となれば単純 X 線撮影する。基本的に躯幹部は後述の CT で評価するため、単純 X 線撮影の主たる検査部位は四肢となる。また、脊椎・脊髄損傷が疑われる場合は MRI 検査が行われる。

ここでは、Secondary Survey で行われる画像検査の中で、中心的役割を持つ CT 検査について、詳細を述べる。

#### 4-2-1 外傷全身 CT (Trauma Pan-scan)

CT 検査は機器の性能向上と撮影時間の短縮により、近年ますますその有用性が指摘されている。

2009 年に発表された論文では、whole-body CT を行うことにより、予測生存率を上回る実生存率割合が得られたという報告がされ<sup>3)</sup>、一躍外傷患者への CT 撮影に拍車がかかることになった。

Trauma Pan-scan では、全身を網羅するように撮影しなければならないが、各部位によって必要な撮影条件が異なる (表 1)。このため、部位ごとに造影・非造影とそのタイミングを工夫しなければならない。プロトコルの 1 例を以下に示す。

- ① 頸部から頭部まで非造影で撮影
- ② 造影動脈優位相で頭蓋底から骨盤まで撮影
- ③ 造影平衡相で胸部から骨盤まで撮影

若年層である場合や、外傷の度合いによって、撮影の一部を省略する (造影動脈優位相を省略する、など) こともある。しかし、予期していなかった部位に損傷が見つかる場合もあるので、撮影範囲には十分注意をする必要がある。

表 1 外傷における部位別の CT 撮影条件

頭部	・非造影は必須 ・頭蓋底骨折・顔面骨折の可能性があるなら動脈損傷の確認のため動脈優位相が必要
顔面	・水平断・冠状断を骨条件で再構成する ・二相 (動脈優位相・平衡相) 撮影を行うことにより血管外漏出が明瞭化する
頸部	・水平断・矢状断を骨条件で再構成する ・頸椎損傷が疑われるなら椎骨動脈損傷を確認するため動脈優位相が有用
躯幹部	・大動脈損傷や大量血胸が疑われるなら胸部を含めた二相撮影 ・FASTで腹腔内液体貯留があったり、不安定型骨盤骨折があるなら腹部骨盤腔を含めた二相撮影は必須 ・脊椎損傷の可能性があれば、矢状断を再構成

#### 5. 実症例を通してみる診療放射線技師の役割

これまで、実際の外傷診療の流れと画像検査について解説してきた。この章では、当院で経験した 1 症例の外傷診療を、実際の流れに沿って提示しつつ、その中で求められる診療放射線技師の役割 (以下、CHECK ポイント) について述べる。

#### 【症例：21 歳女性】

二人乗りの大型二輪が乗用車と衝突。二輪の後部に座っていた女性が事故現場から 5 メートルは

ど離れた電柱に、くの字になるような形で腹部を打ち付けた状態で倒れていた。

### 5-1 受入準備

救急隊より収容依頼が入ったため、受入準備を始める（図6）。患者情報の入手や人員確保、機材の準備、標準感染予防策などをして患者の到着を待つ。ストレッチャーの上にはX線透過性のバックボードを用意し、このとき間に枕木を挟むようにしておく。



図6 受入準備

### 5-2 Primary Survey

#### 5-2-1 入室時所見

入室時の所見を示す（図7）。



図7 入室時所見

#### 5-2-2 胸部・骨盤 X 線撮影

Primary Survey での画像検査として胸部・骨盤 X 線撮影を行い、胸部・骨盤に致死的異常は認められなかった。

このときの CHECK ポイントを示す（図8）。

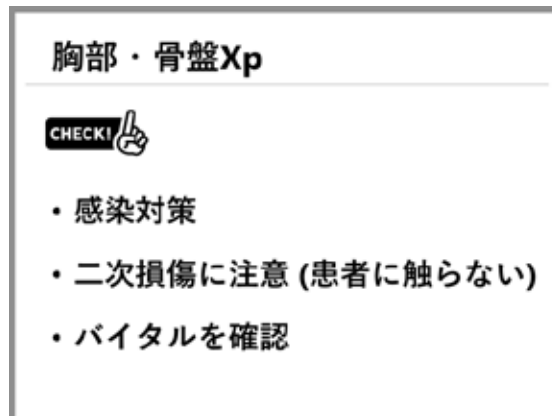


図8 胸部・骨盤 X 撮影での CHECK ポイント

#### ・感染対策

外傷診療は、詳細な情報がない状態で収容される患者に対し診療を行わなければならない。つまり、詳細な感染症の情報もなく診療を開始することになる。医療者自身を守るためにも、収容されるすべての患者が血液などの体液にウイルスや細菌などを含み感染源になる可能性があるとし、感染対策を行う。X線撮影を行う診療放射線技師は、患者の非常に近い場所で作業することになるため、感染対策を徹底する必要がある。

#### ・二次損傷に注意

外傷診療の戒律にもあるように、二次損傷には細心の注意をはらう必要がある。撮影時は、ストレッチャーとバックボードの間に枕木を挟むことで隙間ができるため、そこにCRやFPDを入れるようにする。この際、患者には触れないように注意する。

#### ・バイタルを確認

基本的に、診療放射線技師はこの胸部・骨盤 X 線撮影が患者との初接触になる。このタイミングでバイタルを確認しておくことで、患者の重症度や診療の展開を予測でき、スムーズな検査にもつながる。

#### 5-2-3 Primary Survey の総括

頻脈、血圧低値、FAST 陽性ということから、C（循環）の異常と判断し初期輸液療法を開始。

初期輸液療法後、NBP：106/63 mmHg、RR：36回/分、HR：106回/分となり、輸液に反応し循環はおおむね安定化した。

### 5-3 Secondary Survey

#### 5-3-1 Trauma Pan-scan

Primary Surveyの完了と循環の安定が保たれたため、Secondary Surveyへ移行。損傷部位の確認のため、Trauma Pan-scanを行った。

撮影されたCTのFACT（後述）による所見として、大量腹腔内出血、脾動脈の途絶、脾損傷、左腎動脈の途絶、左腎損傷、後腹膜血種の形成が認められた。

このときのCHECKポイントを示す（図9）。



図9 Trauma Pan-scanでのCHECKポイント

#### ・CT室滞在時間の短縮

かつて“死のトンネル”といわれていたCTは、技術の進歩と多列化により撮影時間が短くなっていることもあり、今では外傷診療に必須のものとなっている。しかし、重症外傷患者では循環動態が安定していても撮影中、または寝台への移動中に急変する可能性もあるため、注意が必要である。外傷診療は時間との戦いであるため、CT室の滞在時間を短縮させることに意識を向けることは非常に重要である。

#### ・二次損傷に注意

外傷診療の戒律にもあるように、二次損傷には細心の注意をはらう必要がある。ストレッチャーからCTの寝台に移動する際は、バックボードご

と移動する。このとき、点滴類・人工呼吸器・ドレーンなど多くの付帯物がある場合には注意が必要である。

#### ・迅速な画像提供

Trauma Pan-scanは、緊急処置の必要性、今後の治療方針の決定など、外傷診療において重要な位置づけにあり、撮影した画像が医師へ迅速に配信されるよう努める必要がある。また、診断の手助けとして、目的部位に合わせた多断面再構成画像（MPR：Multiplanar Reconstruction）の作成も重要となる。

#### ・FACT

現在、時間を意識した外傷診断として、FACT（Focused Assessment with CT for Trauma）を含む3段階読影が、JATECにおいても標準化されている。FACTは読影の第1段階にあたり、直ちに緊急処置を要する項目だけ（表2）を3分以内に評価することで、全身に生じている損傷の概要を把握し、次に向かうべき大まかな方向性を決定する。FACTの知識を持っておくことで、次に行われる検査の予測が付きスムーズな診療につながる。

表2 FACTでの観察項目

1. 頭部CTで緊急減圧開頭術の必要性を判断
2. 大動脈の弓部から峡部で大動脈損傷の有無、縦郭血種の有無を判断
3. その尾側で広範な肺挫傷、血胸（および気胸）、心嚢血種を確認
4. 横隔膜から骨盤底まで一気のみて腹腔内出血を確認
5. 骨盤骨折や後腹膜出血を確認しながら頭側へ移動
6. 実質臓器（肝・脾・膵・腎）損傷の有無、腸間膜内の血種の確認

### 5-4 根本治療

#### 5-4-1 TAE

Trauma Pan-scanのFACTから得られた所見より、緊急の経カテーテル的動脈塞栓術（TAE：Transcatheter Arterial Embolization）を行う方針となった。

途絶した脾動脈、左腎動脈に対しコイル塞栓を行い、出血の制御をした。

このときのCHECKポイントを示す(図10)。



図10 TAEでのCHECKポイント

・迅速な準備

外傷診療は時間との戦いである。TAEを行うことが決定した時点で血管撮影室の受入体制を整える。重症外傷患者の受入が分かった段階で血管撮影装置の立ち上げを行うこともひとつの手である。

Trauma Pan-scanを撮影後、初療室に戻らずに直接血管撮影室へ入室する場合もあるため、診療の妨げにならないよう注意する。

・二次損傷に注意

外傷診療の戒律にもあるように、二次損傷には細心の注意をはらう必要がある。ストレッチャーから血管造影室の寝台に移動する際は、人数をかけて愛護的に移動する。

・PPP

PPP (Pre-Procedural Planning) は仮想透視画像に血管の走行や、出血点を重ねて表示したものである。どの位置からどの方向に血管が分岐・走行しているかを把握した状態で手技に臨むことで、解剖把握のための不必要な mapping 造影や、透視下での盲目的なカテーテル操作による時間の浪費を省き、迅速な血管選択、止血が可能となる。PPPを手技前に医師が作成できない場合、診療放射線技師が作成し提供できれば、手技の大きなアドバンテージとなり得る。詳細は改定第2版救急撮影ガイドライン<sup>4)</sup>に記載されているので、参考にしていただきたい。

5-4-2 開腹手術

CTの2段階目の読影でFree Airを認めたため、開腹手術へ移行した。脾臓・左腎摘出、滲出性出血に対するタオルパッキング、損傷部位の縫合を行い仮閉腹した。翌日の2nd look手術で再度臓器の状態を確認し、閉腹した。

6. さいごに

本稿では、外傷診療の一連の流れと診療放射線技師に求められることについてまとめた。外傷診療は「とにかく時間を意識する」ことが必要である。そのためには、外傷診療の流れを知り、医療チームの一員として「共通認識」を持つことが重要となる。外傷診療における診療放射線技師の役割、考えなければならないことをしっかりと認識し、今後の診療に役立てていただければ幸いである。

さいごに、本稿はJATECの内容を中心にまとめてきた。JATEC本編ではより詳細に記載されているため、外傷診療に携わる者として一読しておくことを推奨する。

7. 参考文献

- 1) JATEC 外傷初期診療ガイドライン 改定第4版. 日本外傷学会・日本救急医学会監修：へるす出版. 2012.
- 2) 久志本成樹ほか：外傷性急性期凝固異常：acute traumatic coagulopathy と trauma-induced coagulopathy：血栓止血誌 2016;27(4)：399-407
- 3) Huber-Wagner S, et al：Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival：a retrospective, multicentre study. Lancet.2009 373:1455-1461
- 4) 改定第2版 救急撮影ガイドライン. 日本救急撮影技師認定機構監修：ヘルス出版. 2016.