



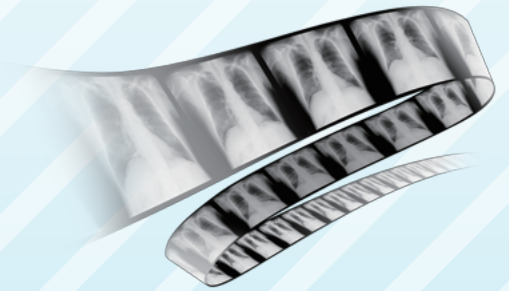
X線動態撮影システムの使用経験

はじめに

天理よろづ相談所病院では2019年2月にX線動態撮影システムを導入し、3月に院内の倫理委員会の承認を得て、6月より臨床研究として患者の同意を得たうえで胸部X線動態撮影を開始した。

X線動態撮影は、通常の一般撮影装置と同様に立位・臥位での撮影が可能で、広い撮影範囲を高画質で取得できるため、これまでのX線撮影に比べてより多くの情報を得ることが可能であり、新たな診断価値を寄与する可能性を秘めていると考えられるが、その臨床的意義や解析技術は現在、当院含めていくつかの施設にて研究中である。

そこで当院では、胸部X線動態撮影の基本機能や解析方法の妥当性評価、診断能の評価、診断基準の確立などを目的として、主に間質性肺炎の患者を対象に撮影を行い、現在の呼吸器疾患の診断におけるゴールドスタンダードであるCTや呼吸機能検査と胸部X線動態撮影との比較検討を行っている段階である。



公益財団法人 天理よろづ相談所病院 放射線部
黒田 大悟 先生 / 錦 成郎 先生

X線動態撮影システムの構成

X線動態撮影システムは、撮影装置と解析用ワークステーションから構成されている。

X線動態撮影装置の外観は通常の撮影装置と同じであるが(図1)、発生器・受光器ともにX線動態撮影に対応する仕様を具備している。X線撮影装置は島津製作所の



図1. 動態撮影装置外観 通常の撮影装置と同様

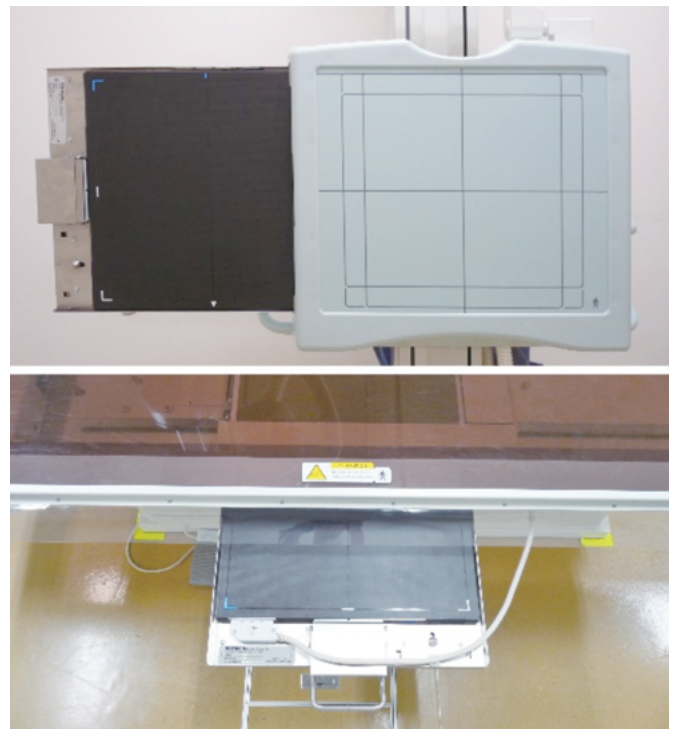


図2. 立位・臥位撮影台 17×17inchのAeroDR fineを常設

RAD speed ProにパルスX線を出力可能なジェネレータが搭載されている。また、受光系にはコニカミノルタのAeroDR fineを採用し、立位・臥位の撮影台にそれぞれ17×17inchのFPDを有線にて接続しており(図2)、1秒当たり15フレームの画像を最大20秒取得可能である。本装置の特徴は、現状の一般撮影室に設置可能で、X線動態撮影

時以外では通常の一般撮影業務を行うことができる点であり、X線動態撮影の機能を除いては通常の撮影装置と全て同じである。

撮影後の動態画像は、コニカミノルタのX線動画解析ワークステーションKINOSISに転送して、KINOSISに搭載されたアプリケーションを用いて各種解析を行うこととなる。

動態画像解析

撮影後の動態画像はX線動画解析ワークステーションKINOSISに自動転送され、各種の解析処理を行い、これまでの静止画では取得することができなかった情報が確認可能となる。現在搭載されている機能には以下に示す5つの処理モードが存在する。

1. BS-MODE (胸部骨減弱処理)

肺野内に存在する肋骨や鎖骨の骨陰影を減弱する。腫瘍の位置や形態など肺野内の視認性を向上させ、肺野内部組織の動きの観察が容易となる。

2. FE-MODE (周波数強調処理)

特定の周波数帯域を強調処理することにより、特定構造物の視認性を向上させ動きの観察しやすさを強調する。肺血管影の動きの観察、腫瘍の胸壁や隣接臓器への浸潤、術後の癒着などの確認に期待できる。

3. DM-MODE (特定成分追跡処理)

特定の構造物(横隔膜)の動きを数値化してグラフ表示することにより、今までは確認できなかった視点での評価が可能となる。通常の静止画では取得不可能であった左右の横隔膜の連動性が定量的に評価できる。また、疾患による横隔膜の移動量や速度を定量的に区別化できる

可能性があり、新たな評価指標としても期待される。

4. PL-MODE (基準フレーム比計算処理)

深呼吸撮影時における呼吸周期に伴う肺野内濃度変化を表示する。濃度変化の均一性や低下を色別表示することにより呼吸機能の異常を表現できる可能性がある。

5. PH-MODE (相互相関計算処理)

呼吸停止撮影時における心拍周期の血管の拍動に伴う肺野内濃度変化を表示する。濃度変化の均一性や低下を色別表示することにより肺血流分布の異常を表現できる可能性がある。なお、この解析を行うためには深呼吸時の撮影ではなく、6秒以上の呼吸停止時の動態画像が必要となる。

当院での胸部動態撮影

X線胸部動態撮影を行うにあたって、臨床研究としての患者の同意を得ている。診察室等で医師より説明を受け同意した患者が撮影室に来ると、通常の診療とは異なる臨床研究での撮影に対する不安を少しでも和らげ、かつスムーズに撮影を行うことができるように検査内容の説明を十分に行う。また、胸部X線動態撮影の解析には、深呼吸停止・呼気相・深呼吸停止・吸気相の各時相が必要であり、最大撮影時間20秒の限られた時間の中で安定した呼吸を行うためにオートボイスを使用しているが、撮影前にはオートボイスを用いた呼吸の練習を取り入れている。これまでの撮影実績から鑑みて、検査説明と呼吸の練習が胸部X線動態撮影の成功の可否に関わると考えている。また当院では、他の先行研究施設では通常行っていない側面撮影をルーチンに取り入れ、新たな視点での評価が可能ではないかを検討中である。(図3)に当院での胸部

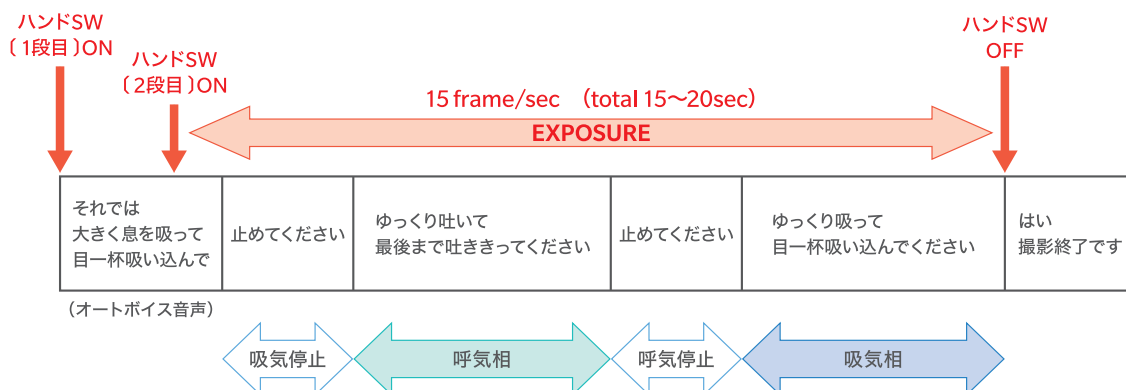


図3. 胸部動態撮影プロトコール 最大20秒間で深呼吸停止・呼気相・深呼吸停止・吸気相を撮影

X線動態撮影のプロトコルを示す。

撮影の注意点として、撮影中の体の動きの抑制と安定した深呼吸が行えているかが重要である。撮影中の体軸のブレは画像解析ソフトでの誤認識に繋がるため、患者の骨盤付近にバンドでの固定を行っている。固定を行う際には、きつく固定しすぎることによって呼吸が窮屈にならないよう注意を払っている。正面撮影の際は、通常の胸部正面撮影のように顎の挙上や肩甲骨陰影を肺野から外すことに拘り過ぎず、安定した呼吸を行うことが可能な体位での撮影を行なっている(図4)。また、側面撮影の際(通常左側面)では、左肩を撮影台に密着させ、無理のない安定した



図4. 胸部動態正面撮影

無理な顎の挙上や肩甲骨陰影を肺野から外すことに拘らず、安定した呼吸が行える体位

状態での両手挙上を行い、オートボイスに合わせた練習を十分に行うことを心掛けている(図5)。

撮影後の検像で通常のX線撮影と異なる点は、撮影中に体軸のブレはないか、オートボイスに沿った呼吸が出来ているかということが挙げられるが、現状では主観的な評価であり明確な判断基準までは決められていない。

一連の流れで、理解度の良い患者の場合は5分以内、質問等の受け答えを行った場合でも10分程度で撮影を終了しており、当院の経験では胸部X線動態撮影における時間的影響はほとんどないと考えている。



図5. 胸部動態側面撮影

左肩を撮影台に密着させ無理のない範囲で両手挙上

今後の展望

X線動態撮影は、これまでには存在しない全く新しい検査法であるため、日本発の技術として大いに期待している。我々の施設でも臨床研究を始めた段階であり、今後も症例数を積み重ねて検討を行っていく予定である。

先に述べた画像解析についても、胸部骨減弱処理や周波数強調処理はすでに一般撮影領域にも応用されている技術であるが、動態画像特有の評価基準は定まっておらず、今後の検討課題である。また、特定成分追跡処理では、これまで確認できなかった横隔膜の動きを定量的に

可視化することが可能となったが、示す数値と症状や疾患との相関を明らかにし、患者の診療に役立てていきたいと考えている。呼吸機能や肺血流分布の可視化に関しても、表現の可能性が示唆されており、現時点で相互相関計算処理を用いた肺血流の視覚的な評価のみでも、肺塞栓症などのスクリーニングに有用である可能性が期待されている。今後は呼吸機能検査や肺血流シンチグラフィーとの関連性、及び定量化についても検証しながら、新たな検査手法としての確立に向けて検討していきたい。

一例として、PH-MODE(相互相関計算処理)の画像を(図6)に、同一患者の肺血流シンチグラフィの画像を(図7)示す。この患者は左肺上葉切除後で、シンチグラフィでは左右の血流比が右肺66.5%、左肺33.5%と左肺で少なくなっており、動態解析のPH-MODEにおいても、主観的な評価ではあるが左肺の信号値の低下が確認できる。



図6. PH-MODE(相互相関計算処理)
色の濃淡によって左肺の肺血流量低下が確認可能

また、仰臥位での撮影が可能なおから、肺定位放射線治療における腫瘍病変の呼吸性移動量の評価に応用し、有用な結果が得られている。この撮影の際は、臥位撮影台を用いた仰臥位正面撮影と、立位撮影台を使用した水平ビームによる仰臥位側面撮影を、安静呼吸下で行っている。

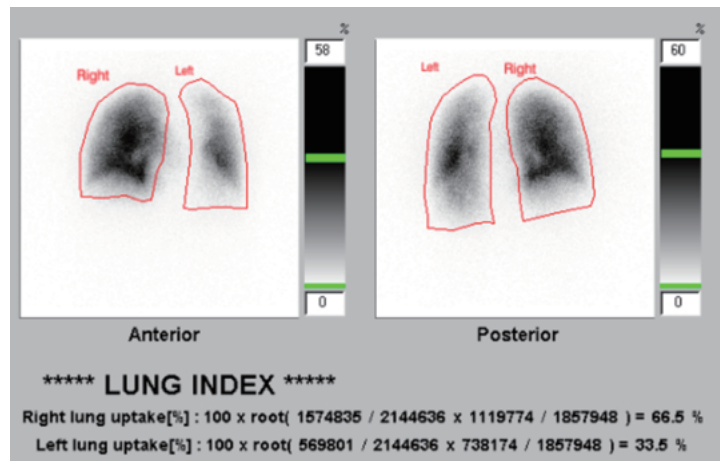


図7. 肺血流シンチグラフィ 肺血流比 右肺:66.5% 左肺:33.5%

まとめ

X線動態撮影は臨床応用されたばかりの技術であるが、これまでのX線撮影では表現できない情報を含んでおり、更なる発展が期待できると考えている。

胸部領域においては、重症度の高い呼吸器疾患患者には身体的負担が大きい呼吸機能検査や、特別な検査機器が必要で検査費用も高額な核医学検査の代用になりうる可能性についても言及されている。また、各種解析技術の

定量化が可能になれば、疾患の鑑別や重症度評価にも寄与できる可能性がある。そして、現在当院では胸部領域にしか適応していないが、整形外科領域の機能評価など他の領域にも応用できると考えている。

X線動態撮影の画像収集法や解析処理の最適化を図り臨床的有用性について検討を進め、患者にやさしい診断技術を確認できるように取り組んでいきたい。

