

医学研究支援部門動物実験室に設置された エックス線装置について

谷口由樹¹⁾, 藤田順一¹⁾, 黒田和道^{1), 2)}, 石井敬基³⁾

About X-ray device newly installed at Medical research support center, Laboratory for animal experiments

Yoshiki TANIGUCHI¹⁾, Junichi FUJITA¹⁾, Kazumichi KURODA^{1), 2)}, Motoyuki ISHII³⁾

1. はじめに

医学研究支援部門、動物実験室（循環機能室）に設置してあるエックス線装置が昨年度更新された。今回導入されたエックス線装置は従来の機器に比べ画像が鮮明であり、またエックス線装置を使用する際の被曝線量も低減された機種で、その有用性は非常に高いものとなっている。そこで今回導入されたエックス線装置について紹介していきたい。

2. エックス線アンギオグラフィ

1895年、ドイツの物理学者、ヴィルヘルム・レントゲンによるエックス線の発見により、生体を傷つけないで内部構造を知る手段を得た。そのためエックス線は骨折の診断にすぐ用いられ、心臓の大きさや形の診断にも応用されはじめた。そして造影剤が登場することにより、血管や腸の内部構造がよりはっきりと観察できるようになった。これらの技術は、今日では骨折の診断、歯科診断、胸腹部エックス線写真、造影エックス線写真として、現在の診断で欠かせないものとなっている。エックス線を用いた画像診断は、シネフィルムを用いたエックス線が誕生し、また多方向からエックス線を照射し、そのデータから横断面を、コンピューターを用い構築するというコンピューター断層撮影法、いわゆるCT装置も登場し、その診断技術は急速に発展し、今日の放射線診断学が発展することとなった。

エックス線アンギオグラフィを用いた診断およ



図1 新たに導入されたエックス線装置 INFX-8000F

び治療は、心臓領域、脳血管領域、一般血管領域に分けることができる。そのためエックス線装置は、各メーカーから目的に応じて多くの機種が販売されている。それぞれの用途の違いとして、例えば心臓血管領域では深い角度付けが必要とされるが、それ以外の血管では深い角度付けはさほど要求されない。また、一般血管領域では全身が透視できる必要がある。特に下肢撮影の場合、造影剤の流れに従って撮影位置を移動する必要がある。脳血管領域では、概観的な撮影はもちろん、頭蓋骨の特定の管や孔の精密撮影にはプロジェクションなどの高度な正確さが要求される⁶⁾。

3. 東芝メディカルシステムズINFX-8000F

今回導入されたエックス線装置は、東芝メディカルシステムズのエックス線装置（INFX-8000F）で、

1) 日本大学医学部医学研究支援部門ラボラトリーアニマル系

2) 日本大学医学部病態病理学系微生物学分野

3) 日本大学医学部医学研究企画・推進室

谷口由樹：taniguchi.yoshiki@nihon-u.ac.jp

表1 旧装置と新装置の比較

	旧装置	新装置
視野サイズ	9インチ円形（直径23cm）	12インチ正方形（一辺30cm）
検出器	I.I.（画像劣化あり）	FPD（画像劣化なし）
画質	普通	良い（Pure Brain）
モニタ	ブラウン管（CRT）	液晶モニタ（LCD）
拡張性	なし	3D撮影機能

このモデルは血管撮影装置として必要な機能をコンパクトにまとめたベーシックモデルである。この装置の基本性能として、視野サイズは8インチ（約20cm, 循環器領域）、12インチ（約30cm, 循環器, 頭部, 下肢領域）を選択でき、当施設には12インチが導入されており、循環器領域のみならず、他の領域でも使用しやすい仕様となっている。また検出器は従来のアナログフィルムから静止画用平面エックス線検出器（FPD：Flat Panel Detector）へ、透視装置ではI.I.（Image Intensifier）から動画用FPDへの置き換えが進んでいるように、当施設のエックス線装置もFPDを搭載している（表1-3）。I.I.とFPDを比較した場合、FPDの特徴として、(1)高画質デジタル画像、(2)高い量子検出効率による被曝量の低減、(3)幾何学ひずみおよび磁気ひずみのない画像、(4)小型、軽量化、などが挙げられる²⁾。また実際の透視画像を描出するモニタも液晶モニタとなり、従来のブラウン管に比べ画質も向上している。得られた画像は、医用画像機器間で通信・保存する方法を定めた国際基準規格であり、CTやMRIなどで撮影した医療用画像のフォーマットと同様のDICOM（Digital Imaging and Communication in Medicine）となっている（従来機はシネフィルム、VHSビデオテープでの保存となっていた）。またこのシステムのコンセプトとして、システムはどこかのコンポーネントが故障しただけで装置が完全に停止するのではなく、各コンポーネントは独立し運転しており、故障がシステム全体に及ばないかぎり運転を続けるという仕様になっているため、急な故障により実験が中止になるという事態は、完全ではないがかなりの部分で避けることができるようになっている。

その他にも東芝メディカルシステムズ独自の技術

表2 Cアームの可動域と稼働速度

	Cアーム回転	回転速度
RAO	120°	最大30° /sec
LAO	120°	最大30° /sec
CRA	50°	最大20° /sec
CAU	45°	最大20° /sec

表3 カテーテル寝台の性能

	Cアーム回転	回転速度
RAO	120°	最大30° /sec
LAO	120°	最大30° /sec
CRA	50°	最大20° /sec
CAU	45°	最大20° /sec

がINFX-8000Fには採用されており、その1つにPure Brain²⁾がある。東芝メディカルシステムズ独自の画像処理コンセプト、Pure Brainは、Super Noise Reduction Filter（SNRF）を追加し、残像の少ない透視像を提供する³⁾。SNRFは1画素ごとに必要な信号と不要なノイズをリアルタイムに計算し、信号を抽出していく画像処理技術のことで、ノイズ低減のためにエックス線量を増やすことなく残像のない画像を提供する。通常エックス線撮影の場合は、透視の線量率と比べると10倍ほど高いが、Pure Brainの画質であれば、撮影ではなく透視を記録画像として使用することができる場合もある。またパルス透視の際、パルスレートを落としても残像の影響が少なく、コマ落ち以外に画像が劣化したと感ずる部分がない。パルス透視は一般的に1秒間当たり30フレームの画像を表示するのが基本⁴⁾で、一般に30pulse/secのパルス透視は連続透視の線量とほぼ

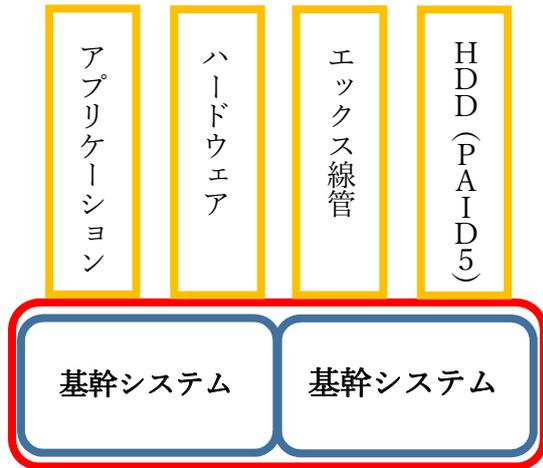


図 1 各コンポーネントは独立して運転しており、故障がシステム全体に及ばない限り運転を続ける

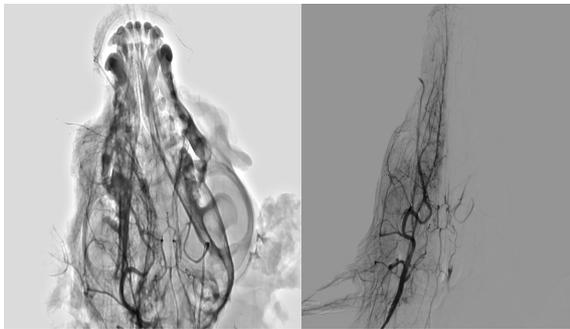


図 2 一般造影とDSAによる造影
左図：一般造影 右図：DSA

同じに設定されている。パルス透視は少ないパルスを利用し照射線量の低減を図るが、残像やコマ落ちにより手技が妨げられないことが条件として挙げられる。またパルスあたりの照射線量を低減することで被曝をさらに軽減できるが、線量不足によるノイズ量の増大はデバイスが十分に視認できるところまでが条件となる⁵⁾。東芝メディカルシステムズのPure Brainは、超低線量でも手技を妨げない透視画像を得られることができ、照射線量は標準設定と比べ78%低減することができる⁵⁾。さらに30/20/15/10/7.5/5/3/2/1ppsとパルスレートを細かく設定することが可能で、先述のとおりパルスレートを落としても残像がほとんどない透視画像が得られる。またその他にもDSA (Digital Subtraction Angiography：デジタル差分血管造影法) が搭載されている (図2)。血管撮影装置の透視画像は、造影剤を流さないと血管を描出することができない。DSAはエックス線透視により得られた画像から血

管以外の骨などを差し引くことにより、血管のみをリアルタイムに描出する技術である。この技術により血管のみをクリアに描出でき、無用な撮影、造影剤の投与を少なくすることが可能となる。またこの技術により、診断能が向上するとともに検査時間も短縮した。検査時間が短縮するということは、単純にエックス線の照射時間が減るため、被曝線量も抑えることが可能となる。

東芝メディカルシステムズINFX-8000Fは、従来機に比べ被曝量の低減が図れる仕様となっているが、それ以外にも従来機にはない仕様がある。その1つに今後の拡張性がある。INFX-8000Fで得られるデータはすべてデジタルデータであるため、当該機種にワークステーションを組み込むことにより、さまざまな解析が可能となる。以下に今後の拡張性として導入を検討しているアプリケーションを紹介する。

(1) CV-3D™

PCI (Percutaneous Coronary Intervention：冠動脈インターベンション) 支援ツール。収集角度の違う複数枚の血管造影像から3Dを構築する。これまで2Dで行っていた定量解析だとForeshortening効果により、見かけ上長さが短く認識されることがあったが、この機能により病変部の適正な定量解析が可能となる。得られた3D画像を使い、画像上に留置予定のデバイス (ステント等) を仮想表示させることができる。これによりPCI経験の浅い術者に対しても有効な支援ツールとして活用することが可能となる。

(2) DTS (Dose Tracking System)

皮膚入射線量のモニタリング機能。術中に被写体に対する放射線量をモニタリングして、術中の入射皮膚線量を管理する。この機能により透視時間を少なくすることや撮影をなるべく省くことで被曝量を低減することや、一方向からの集中したエックス線照射を避け、照射方向を分散させる判断がPCI中にできるようになり、より安全な手技が可能となる。DTSの特徴として、被写体の入射皮膚線量の計算とカラーマップ化、入射皮膚線量の表示ができ、実験者の被曝への意識が高まることが期待される。

(3) Parametric Imaging, CCC (Color Coded Circulation)

Parametric Imagingは、撮影された血管造影画像から画像濃度の変化をカラー表示し造影剤の動態を

視覚的に表示するもので、CCCは造影剤の流れる方向を動画で表示する機能で、色情報を細かく変化させ、繰り返し動画表示する。色の変化を動画像で観察することにより、造影剤の流れる方向を直感的に理解しやすくしたものである。

5. 小動物での利用

従来の機種（KXO-80C）も実臨床でも使用されていた機種であり、その機能はヒトを対象とした設定となっていた。そのため管電圧（エックス線源内部の電子ビームの加速電圧の値。エックス線の透過率に関係があり、管電圧の値が高いほどエックス線が物質に吸収されにくい）の調整が広い範囲ですることができなかつたため、使用可能な対象動物も比較的大きな動物に限られていた。そのため小動物でエックス線装置を使用する場合、これもヒト用だが、比較的管電圧の調整範囲が広い、一般撮影用の装置を別に用意し対応していた。しかし一般撮影用なので動画の撮影はできず、必ずしも使い勝手の面では良くなかつた。INFX-8000Fを導入するにあたり、今回は一般撮影用エックス線装置の導入は行わなかつた。理由としてINFX-8000Fは、得られた像はすべてデジタルデータで処理されるためである。つまりINFX-8000Fで動画を撮影した場合、1秒間に最大30フレームの画像データを組み合わせたものが動画として記録される（1秒当たりのフレーム数は、30/20/15/10/7.5/5/3/2/1ppsと細かく設定することが可能）。そのため動画を撮影したとしても、スナップショットの画像の蓄積なため、その中のワンショットを一般撮影の静止画としての利用が可能なのである。また従来の機種に比べ、管電圧、管電流（フィラメントから発する電子ビームの電流値。エックス線の量を意味し、通常はこの値が大きいほどエックス線透視画像が明るくなる。またエックス線画像固有のザラツキが改善することが多い）の設定域も広がっており、従来の機種と比較した場合、小動物での利用でも比較的満足のいく画像が得られるためである。参考までにラットの写真（図3）と血管造影の写真（図4）を示すが、特に血管造影においてはDSAを使用することにより、かなりクリアな血管像が得られることになった。

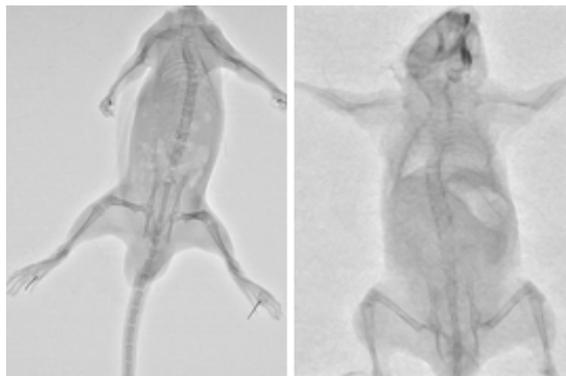


図3 小動物での全身写真
左図：マウス 右図：ラット

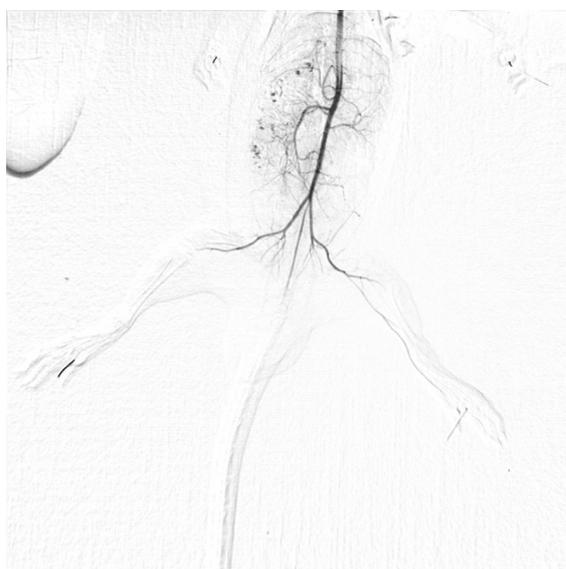


図4 ラット DSAによる造影

6. 提言

今回導入された東芝メディカルシステムズ製エックス線装置、INFX-8000Fについて述べた。INFX-8000Fは従来機に比べ画像の鮮明さやデータの解析、また利用者の被曝低減も実現しており、非常に有用な機種となっている。医療機器や診断機器は年々進化しており、導入時に最新と言われた機種も数年後には型落ち機種となり、研究者のニーズを継続的に満たすことは難しいといえる。INFX-8000Fは現行の主流機種の1つであり、実臨床においても利用されている機種なため、現時点においては利用者の研究ニーズに十分答えることのできる機種となっている。また今までにない解析システム（ワークステーション）を導入することにより、今までにない情報を得ることができると、様々な研究ニ-

ズに答えることができる機種となっている。また従来機種に比べ被爆線量もかなり低減され、利用者の負担も軽減されている。

7. まとめ

今回新たにエックス線透視装置が導入された。従来機種に比べ装置としての性能もよく、特に線量低減も実現されており、利用者のニーズには十分応えられる機種となっている。そのため学内の幅広い利用が望まれるところである。

文 献

- 1) 藤田晃年, 阿武秀郎: 画像診断装置の発展を支えるFPDとX線管: 東芝レビューVol.66, No.7, 24-28, 2011
- 2) 長岡秀樹: Angioの技術進歩と被ばく低減への取り組み—血管撮影装置の進化: Pure Brainが導く被ばく低減の試み. INNERVISION Vol.26, No.5, 56-59, 2011
- 3) 廣瀬聖史: X線循環器診断システム「Infinix Celeve-i」の到達点. INNERVISION. Vol.26, No.4, 32-33, 2011
- 4) 江口陽一: DF装置を使用する人が知っておきたいこと. 日本放射線技術学会雑誌 56巻11号, 1321-1331, 2000
- 5) 高橋 淳: 不整脈治療および末梢血管インターベンションにおける被ばく低減の試み. INNERVISION Vol.27, No.5, 118-119, 2012
- 6) 医用画像・放射線機器ハンドブック (社) 日本医用画像医療システム工業会 2007.03