

JAPANESE
SOCIETY
OF
RADIOLOGICAL
TECHNOLOGY

I S S N 2189-3071

Oct. 2019

撮影部会誌

Journal of The Subcommittee of Imaging Techniques and Research

よりよい撮影技術を求めて

Pursuing Better Imaging Techniques in Radiology

Vol.27 No.2 通巻 73

第73回撮影部会

期日：2019年10月17日（木）～19日（日）

場所：グランキューブ大阪

■巻頭言

撮影部会長 中前 光弘 (1)

■第73回撮影部会 2019年10月17日(木)～19日(土) グランキューブ大阪

■テーマA：一般

司会：奈良県立医科大学附属病院（撮影部会長）中前 光弘

教育講演 『診断用X線装置管理と日本工業規格（一般・血管・乳房用装置）』

講師：医療法人邦友会 小田原循環器病院 宮崎 茂 (2)

ワークショップ 『みんなで考える装置管理』

座長：川崎市立川崎病院（撮影部会委員）三宅 博之 (9)

北里大学病院（撮影部会委員）関 将志

(1)「一般撮影用X線装置の管理を考える（主にX線発生装置と受像系について）」 小田原循環器病院 今井 宜雄 (10)

(2)「ANGIO装置に求められるQCと今後の展望」 大阪急性期・総合医療センター 川瀬 佳希 (14)

(3)「乳房撮影の装置管理 日常管理によるリスク軽減」 大阪ブレストクリニック 藤井 直子 (16)

(4)「超音波診断装置の日常点検について」 東京慈恵会医科大学附属柏病院 山川 仁憲 (19)

(5)「医用モニタにおける管理の必要性とその方法」 獨協医科大学埼玉医療センター 諏訪 和明 (20)

■テーマB：CT

司会：りんくう総合医療センター（撮影部会委員）西池 成章

教育講演 『外傷診療戦略におけるCT』

講師：りんくう総合医療センター 大阪府泉州救命救急センター 曽我 亮介 (22)

ワークショップ 『救急診療におけるCT検査の役割を再考する』

座長：千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓 (24)

国立がん研究センター東病院（撮影部会委員）野村 恵一

(1)「急性期脳卒中のCT撮影を再考する」 秋田県立循環器・脳脊髄センター 大村 知己 (25)

(2)「心大血管救急におけるCT撮影技術を再考する」 札幌医科大学附属病院 小倉 圭史 (29)

(3)「急性腹症におけるCT検査を再考する」 勤医協中央病院 船山 和光 (33)

(4)「外傷CT検査を再考する」 福山市民病院 三村 尚輝 (36)

■第72回撮影部会報告

テーマA 「MR-CT(Angio-CT)はMRにおける新たなソリューションとなるか？」

大阪市立大学医学部附属病院（撮影部会委員）市田 隆雄 (39)

テーマB 「Dual Energy CTの臨床応用 一標準化を目指してー」

国立がん研究センター東病院（撮影部会委員）野村 恵一 (41)

テーマC 「MRI撮像の標準化を目指したパルスシーケンスの再考」

群馬県立県民健康科学大学（撮影部会委員）林 則夫 (43)

■お知らせ・編集後記

巻頭言



『撮影部会は“モダリティの玉手箱”やあ!?』

奈良県立医科大学附属病院（撮影部会長）

中前 光弘

2019年4月29日第2回理事会にて白石代表理事より、撮影専門部会の「部会長」を指名いただきました。梁川前部会長からバトンを引き継ぎ、「平成」最後かつ「令和」最初の部会長として、皆さまの記憶に残る存在になればと思っております。よろしくお願ひいたします。

さて「令和」は、日本における最初の元号「大化」から数えて248番目となるようです。小生でも「昭和」「平成」「令和」の3時代を生きているに過ぎず、その歴史を伝承していくことは正に日本の文化そのものだと言えます。現在、「皇位の継承があったときには、新たに元号を定め、一世の間、これを改めない。」と元号法によって定められているものの、平成天皇が生前退位と譲位の”お気持ち”を表明したのを受け政府や宮内庁が動き、天皇の退位等に関する皇室典範特例法の成立によって、皇位の継承が実現された。日本における高齢化社会の実情を反映し、働き盛りの若い世代に役割を委譲することは理に適った行為であったが、世論の見方が無ければ慣例を覆すことは容易では無かったであろう。

「日本放射線技術史(第二巻)第3章 日本放射線技術学会の歩み」によると、撮影部会は4番目の専門分科会として1983年に発足し、小川敬壽先生が初代分科会長に就任されている。当時は、単純撮影の技術論や問題点、血管撮影、消化管検査、断層撮影を中心に議論を深めてきたが、1993年にMR、1995年にCTをワークショップのテーマに取り上げ、モダリティの多様化が進んできた。2015年には学会内の組織改編がなされ、分科会が部会と名称を変えることとなり、撮影部会内に「一般」(単純撮影、乳房撮影、救急撮影、消化管検査、IVR、超音波、骨密度検査など)「CT」「MR」の3つの分科会を設置することで、核医学以外のマルチモダリティに対応できるようになった。正に”モダリティの玉手箱”である。

一方で1983年当初には無かった、乳房撮影、IVR、CTやMRなど医師と共に専門性を高めるための学会が多様な活動を始め、そこでも多くの放射線技師が活躍している。単一モダリティの専門性を探求することも必要であり、そのためには専門学会と共存していくことも重要である。しかし、マルチモダリティの観点や画像、計測、防護、医療安全と言った基礎学問によるエビデンスに基づき、「特定のモダリティ」に関する利点や欠点を深く議論することも放射線技術学の向上のためには必要不可欠である。これが日本放射線技術学会の強みであり、”モダリティの玉手箱”である撮影部会だからこそ、多様な専門性を活かして実践できると確信している。

本学会に入っているのに専門部会に入る意味があるの？と言ったご意見をお聞きすることが少なくない。各専門部会が、学会組織の求める役割や「令和」の時代に適った部会員の要求を見据えた活動ができていれば、専門部会に入会していただく意義をご理解いただけるものだと信じている。

とにかく、撮影部会は日本放射線技術学会の原動力であり、それを支える13名の委員は多種多様な専門性を有し、学会場で誰よりも輝き学会員の憧れの存在である。大いに活躍していただく場を作ることが私の最大の任務であり、それが遂行できれば更なる撮影部会の発展に繋がると考えている。

最後になりましたが、今後とも部会員の皆様方のご支援とご協力を賜りますようよろしくお願ひいたします。

教育講演

テーマ A (一般) :

『診断用 X 線装置管理と日本工業規格（一般・血管・乳房用装置）』

Diagnostic X-ray Equipment Management and Japanese Industrial Standards (General Radiography, Angiography, Mammography for Diagnostic Equipment)

小田原循環器病院

宮崎 茂

1. はじめに

医用 X 線装置は日本工業規格 (JIS :Japanese Industrial Standards) を基に生産されている。日本工業規格は 1949 年に国家規格として制定された。日本工業規格の審議団体は SC62A(医療電気機器の共通事項), SC62D(医用電子機器)を日本電子情報技術産業協会 (JEITA :Japan Electronics and Information Technology Industries Association) が SC62B(医用画像装置), SC62C(放射線治療・核医学および放射線線量計)を日本画像医療システム工業会 (JIRA :Japan Medical Imaging and Radiological Systems Industries Association) で規格を制定している。第 73 回撮影部会の教育講演では X 線装置の管理というテーマから X 線装置と主な規格の制定と診断用 X 線装置について話を進める。一般撮影装置では撮影時間の正確度および自動露出制御, 血管撮影装置は基準空気カーマ率の制限について, 乳房用 X 線装置では管電圧のリップル百分率について話をを行う。

2. 撮影時間の正確度

(1) 精度

撮影用タイマの性能は JIS Z 4702 で規定され百分率平均誤差で表し, 撮影時間の長さで許容差が区別されていた (Fig.1)。当時主流であった三相装置は電源の投入および遮断が単相装置と異なり複雑であったことから電源の投入方式によって管電圧の立上りおよび立下りが異なり, 撮影時間の測定方法で 10 ms 以下の短時間では表示値と実測値との誤差が大きくなる。10 ms 以下の撮影時間の許容差は 1978 年の JIS では 3 ms であったが 1985 年には 6 ms に変更された。

		表 示 値	許 容 差 (PAE)
单相装置	$T < 10 \text{ パルス}$	$\pm 0 \text{ パルス}$	
	$10 \text{ パルス} \leq T$	$\pm 10 \%$	
多相整流装置	$T < 0.01 \text{ s}$	$-1.5 \sim +3 \text{ ms}$ ($\sim 1978 \text{ 年}$)	
	$T < 0.01 \text{ s}$	$-1.5 \sim +6 \text{ ms}$ ($1985 \sim 1991 \text{ 年}$)	
インバータ式X線装置	$0.01 \text{ s} \leq T < 0.04 \text{ s}$	$\pm 20 \%$	
	$0.04 \text{ s} \leq T$	$\pm 10 \%$ ($1978 \sim 1991 \text{ 年}$)	

Table.1 撮影時間の百分率平均誤差

この理由は国際電気標準会議 (IEC :International Electrotechnical Commission) で撮影時間の測定方法が管電圧の立上り立下りの 87 % から 75 % に変更されたので IEC との整合性を保つために JIS も 1985 年に変更した。1990 年代になると三相装置からインバータ式 X 線高電圧装置が主流となり, インバータ式 X 線高電圧装置の動作特性から電源の投入および遮断は任意な値で制御が可能になったが, 各 X 線高電圧装置により管電圧の立上り立下り時間がさまざまであったことから撮影時間による許容差を設けることとなった (JIS Z 4702:1993)。撮影時間の百分率平均誤差は 1998 年の IEC 60601-2-7 の改正によって百分率平均誤差から誤差に改正され, X 線高電圧装置の整流方式および撮影時間の長さにかかわらず「**± (10 % + 1 ms)**」以内と一定となった。百分率平均誤差から誤差に改められた理由は半導体制御素子の発展により, 高度な X 線制御技術が可

能となり管電圧波形の立上り時間も 1 ms 以下となつたことが考えられる。しかし、インバータの特性から高電圧ケーブルの浮遊静電容量による管電圧波形の波尾により管電圧波形の立下りの遅延の影響を無視できないなどの問題点がある。

(2)撮影時間の測定方法

現在の撮影時間の計測方法は、単相装置におけるパルス数は電気角度 45° を超えた部分を 1 パルスと数える。多相整流装置の撮影時間は

管電圧波形の立上り部分および立下り部分が所定管電圧値に対し各々 75 %に達した区間を撮影時間とすると規定されている (Fig. 1)。撮影時間の計測方法では単相装置の撮影時間の計測方法は変わりはないが、三相装置の撮影時間は 1978 年の JIS まで管電圧波形の立上り立下りの 87 %の期間を撮影時間としていた。現在の 75 %と改めたのは 1985 年の JIS の改訂からである。改訂の理由は三相装置の X 線制御 (投入、遮断機構) 方式により撮影時間と X 線出力の直線性が保たれないなどの理由からと考えられる。

X 線写真撮影における写真効果 (RE) は $RE = K \times kV^n \times mAs$ で表されることは使用者にとって周知のことである。この式から撮影時間は X 線出力と比例関係にあり撮影時間と直線性が保たれることを意味している。したがって、JISにおいても X 線出力の直線性を考慮し撮影時間の測定方法を規定している。ここでいう X 線出力は蛍光強度をいう。

1)管電圧波形の立上り立下りの 87 %

管電圧 100 kV、管電流 200 mA 時の 12 ピーク形 X 線高電圧装置の撮影時間と X 線出力の直線性を Fig.2 に示す。縦軸は撮影時間 100 ms を 100 %とした相対値を、横軸は撮影時間を表す。12 ピーク形 X 線高電圧装置の最短撮影時間は理論的には電源周波数が 50 Hz の場合 3.33 ms、立下り時間は 5 ms となる。測定に使用した装置は 1985 年に設置した装置で最短撮影時間は 1 ms の制御が可能な装置である。Fig.2 から撮影時間と X 線出力の直線性は各装置とも

10 ms 以下から失われ最短撮影時間 1 ms では A 装置で 2.5 倍、B 装置で 1.9 倍の出力の増加を示す。この現象は撮影時間の測定による管電圧波形の立上り立下りの 87 %によるもので、管電圧波形の立上り立下りの 87 %の撮影時間から外れた X 線出力によるものである (Fig.3)。短時間撮影時の X 線出力の非直線性は各々の X 線高電圧装置特有のもので、管電圧の立上り立下りの遅い装置ほど顕著に表れる現象である。装置 A、B の管電圧の立上り立下り時間を Table2 に示す。立上り時間は X 線にかかる負荷から波高値に至る時間、立下り時間は蛍光強度がなくなる時間で表した。装置 B は 12 ピーク形 X 線高電圧装置であるが強制消弧を使用した装置で 1 ms から任意なタイで制御が可能で

管電圧の立上り立下りが比較的早い装置であるが短時間撮影領域での X 線出力の直線性は大きく失われる。

2)管電圧波形の立上り立下り 75 %

撮影時間の測定方法が 1985 年の JIS から管電圧波形の 87 % の間の区間から、75 % に引き下げられたことは前述した。12 ピーク形 X 線高電圧装置からインバータ式 X 線高電圧装置へ移行する時代であったが、当時のインバータ式 X 線高電圧装置は各装置間で管電圧の立上り立下り時間に差があり、現在の装置のように立上り時間は早くない装置が

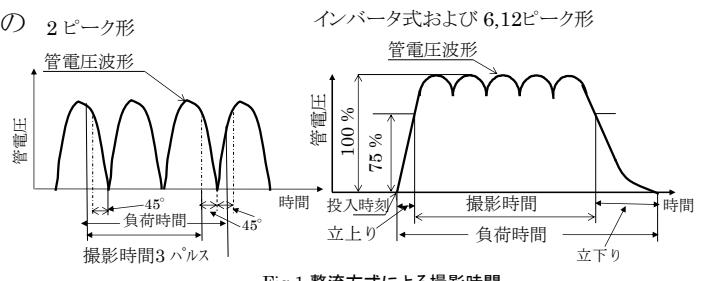


Fig.1 整流方式による撮影時間

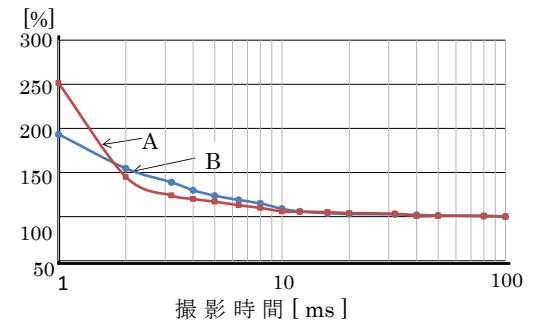


Fig.2 撮影時間とX線出力の直線性

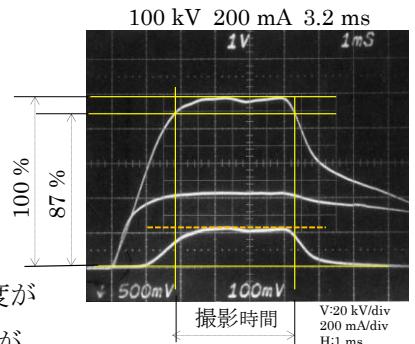


Fig.3 撮影時間の測定とX線出力

	立上り	立下り
装置A:高速遮断	4.0	5.0
装置B:強制消弧サイリスタ制御	2.0	2.5

Table 2 電圧波形の立上り立下り時間

主であった。こうしたことから管電圧の 75 %間の値で X 線出力の直線性が保たれると考えられた。しかし、1990 年前半になると管電圧の立上り時間が 1 ms 以下というインバータ式 X 線高電圧装置が出現し現在に至っている。現行の JIS による撮影時間と X 線出力の関係を Fig.4 に示す。

縦軸は撮影時間 100 ms を 100 %とした相対値を、横軸は撮影時間を表す。Fig.4 から X 線出力の直線性は 50 ms から徐々に失われ、最短撮影時間 1 ms では 25 %程度の X 線出力が低下した非直線性を表している。Table 3 にインバータ式 X 線高電圧装置の管電圧 100 kV 時の立上り立下り時間を示す。立下り時間は高電圧ケーブルの静電浮遊容量で零電位にならないため蛍光強度がなくなる 40 kV で計測した(Fig.5)。管電圧の立上り立下りの早いインバータ式 X 線高電圧装置により撮影時間と X 線出力の直線性は三相装置に比べかなり改善されたことがわかる。撮影時間と X 線出力の直線性を保つために撮影時間の測定を管電圧の立上り立下りの 75 %の測定に改めたが、半導体制御素子の発展から管電圧の立上り、立下りの早いインバータ式 X 線高電圧装置の普及により短時間時の X 線出力の低下を示すこととなった。Fig.5 はインバータ式 X 線高電圧装置の管電圧 100 kV 管電流 200, 800 mA 時の管電圧波形の立上り立下り 75 %の管電圧および蛍光強度波形の関係を示したオシログラムである。オシログラムから管電圧の立上り立下りに 75 %を測定すると、管電流 200 mA では立ち上がりおよび立下りの波高値付近の X 線出力が少ない。管電流 800 mA では管電圧の立上り部分の波高値の X 線出力が少ないとわかる。立下りは管電流が大きいのでほぼ矩形波となり測定点の影響は少ない。

撮影時間と X 線出力の直線性は管電圧の立上り立下りの 75 %間とすることで撮影時間との直線性は保たれていたが、インバータ式 X 線高電圧装置が普及し管電圧の立上り立下り時間が短くなり、X 線制御の精度が遙かに良くなつたにもかかわらず撮影時間と X 線出力の関係において直線性が失われることはユーザにとって満足いくものではない。こうした理由から、撮影時間と X 線出力の直線性を保つ撮影時間の測定は管電圧波高値の 75 %間の計測から 80~90 %程度の測定にすることで直線性は

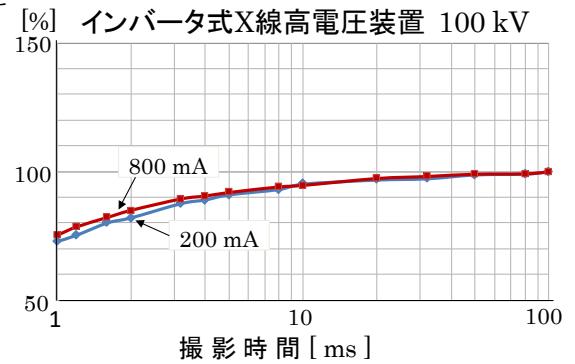


Fig.4 撮影時間とX線出力の直線性

	立上り 0~peak	立下り 0~40 kV
200 mA	0.7	2.4
800 mA	0.8	1.25

Table 3 管電圧の立上り立下り時間 [ms]

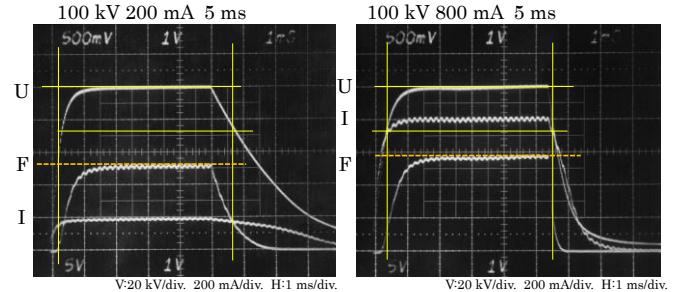


Fig.5 管電圧 [U] 管電流 [I] 各波形と蛍光強度 [F] 波形の関係

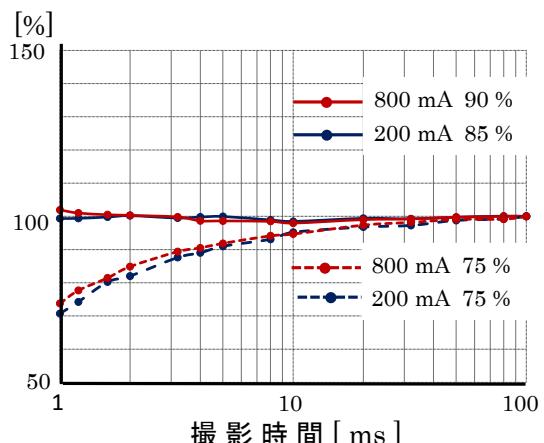


Fig.6 撮影時間とX線出力

改善するものと思われる (Fig.6). しかし、インバータ式 X 線高電圧装置は装置の性質から X 線負荷により管電圧波形の立上り立下りが変化するため、撮影時間の精度にも影響を及ぼす。今回の測定は管電圧 100 kV で各管電流について比較をしたが、管電流だけでなく管電圧によっても管電圧の波尾により管電圧の立下り時間が変化することから撮影時間と X 線出力の直線性はこれらの問題を考慮し制定していく必要があると思われる。

3. 自動露出制御

自動露出制御(AEC:automatic exposure control)は被写体厚に応じ適正な露出を与えるもので、X 線写真撮影にはなくてはなら制御技術であることは周知のごとくである。自動露出制御の主な基本特性は被写体厚特性:被写体厚の変化に伴って露出が変化する現象、応答時間特性:自動露出制御からの X 線停止信号から X 線が停止する時間(公称最短照射時間)、管電圧特性:管電圧によって露出が変化する現象があげられ、被写体厚特性には短時間特性と長時間特性に区別される。短時間特性は被写体厚の薄い短時間撮影領域で自動露出機構からの X 線停止信号に対し X 線高電圧装置の X 線遮断の遅れによるものと被写体厚に対し X 線強度が高く自動露出自体が応答できないという現象がある。主回路の応答遅れ時間を Fig.8 に示す。主回路の応答遅れは X 線高電圧装置固有のもので撮影時間が長くなれば応答遅れの影響は緩和できることとなる。被写体厚の厚い長時間撮影領域では濃度が減少する理由は光電子増倍管による暗電流によるものである。

現在デジタル化が進み多くが FPD を用いた自動露出制御が使用されているが、自動露出制御の基本特性はなんら変わらない。

フィルム-スクリーン系では濃度で基本特性を表していたが、デジタル系ではデジタル値で表すことができる。管電圧 80 kV 管電流 400 mA 時のデジタル値と蛍光量および線量の関係を Fig.9 に示す。主軸のデジタル値は log 表示のためリニアに変換した値で表し、2 軸は蛍光量および線量値で示した。デジタル値は撮影時間 60 ms から飽和状態であるが、デジタル値、蛍光量および線量は直線関係にあることがわかる。

管電圧 110 kV 管電流 320 mA におけるデジタル値と蛍光量および線量による被写体厚特性を Fig.10 に示す。PMMA8 cm 以下の被写体厚の薄い短時間撮影領域から各値が高くなり非直線性を示す。この現象は先に述べた短時間特性による X 線の遮断の遅れによるものである。被写体厚の厚い領域で各値が高くなっている現象は長時間特性における過補償によるものである。Fig.10 に示すようにデジタル系では X 線強度と直線関係にあればデジタル値、蛍光量計および線量計といった

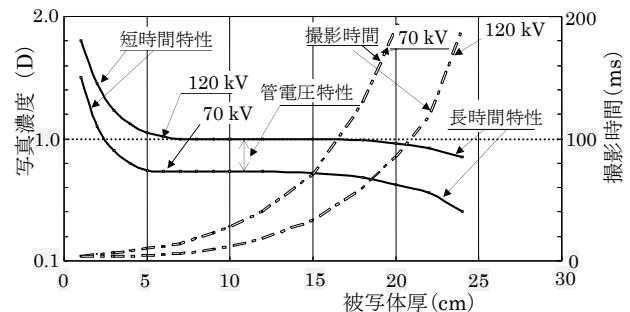


Fig.7 自動露出制御の主な特性

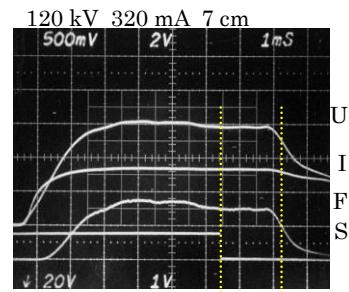


Fig.8 主回路の遅れ時間

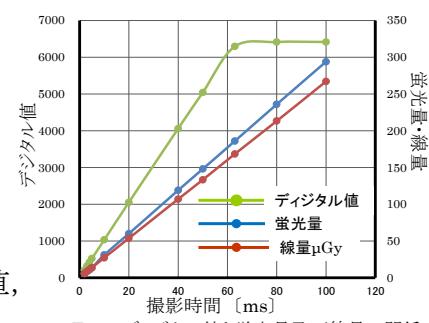


Fig.9 デジタル値と蛍光量及び線量の関係

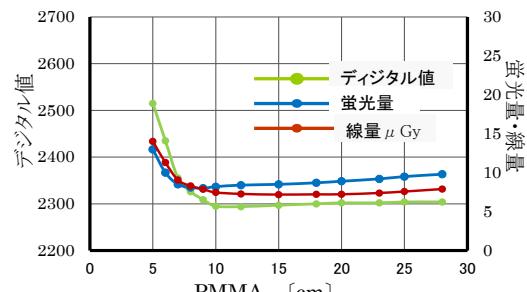


Fig.10 デジタル値による被写体厚特性

電気量の値で特性を見ることができる。アナログ系では濃度で表していたので、各施設において撮影部位に応じた濃度で調整することが可能であった。デジタル系ではデジタル値は画質を表すため、調整時に画質を考慮して線量を多く入射する傾向にある。また、画像処理で適正画像に調整が可能なことから過照射になる可能性が高いことから、被写体厚特性を正しく理解し自動露出を調整することで被検者被曝を軽減することが可能になると考える。

4. X線透視の基準空気カーマ率の制限

透視時の過渡照射防止はJIS Z 4702:1999(医用X線高電圧装置通則)が発刊されるまで透視管電流で規制され、最大透視管電流は4 mAを超えて通電できない構造で、2 mAを超えたことを示す手段を設けることと規定されていた。IEC 6601-2-7:1998 Medical electrical equipment -Part 2: Particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-ray generators が改正され、被検者表面の位置で計測する空気カーマ率で制限することに改められたことから、JISとの整合性を取るために透視管電流で制限されていた値を、被検者表面の位置で計測する空気カーマ率で制限することとなった。また、今回のIEC 60601-2-7の改正において、高線量率透視モードが新たに追加されたことから、IECとの整合性を保つ意味からJISに追加された。基準空気カーマ率における高線量率透視の値はIEC規格では各国で定めることになっている。これからJISにおいても通常透視と高線量率透視とに区別され、通常透視は50 mGy/min (ICRP pub.33の勧告値)以下とした。この値はJISで規定されていた最大透視条件の120 kV, 4 mAにおいて総ろ過2.5 mmAl, SID約70 cmの位置での空気カーマに相当する値である。

高線量率透視制御は125 mGy/min以下とした。高線量透視の値は当時の医療法施行規則で最大透視管電流を10 mAと規定していたこと、当時の日本人の体格などを考慮し、透視管電流4 mAの2.5倍の線量(125 mGy/min)を高線量率透視制御の制限値とした。基準空気カーマ率の制限値を決めるにあたって、メーカおよびユーザの立場で検討を行い、メーカは米国食品医薬品局(FDA: Food and Drug Administration)保健福祉省(DHHS: Department of Health and Human Services)の値(通常透視:88 mGy/min, 高線量率透視:175 mGy/min)に合わせるべきという意見、ユーザは当時の日本人の体格および患者、医療従事者の被曝を考慮し、実状に合わせた値にするなどの意見から検討が行われたが、最終的にユーザの意見が取り入れられ125 mGy/minの値が規定値となった。

1) 基準空気カーマ率の制限(JIS Z 4751-2-54:2017)の計測方法

我が国のX線透視における基準空気カーマ率の制限は先に述べたが通常透視で50 mGy/min、高線量透視で125 mGy/minである。Cアーム形X線装置の基準空気カーマ率値の計測位置はX線受像器の接触可能な面から30 cm X線源装置側で計測した値と規定されている(Fig.11左)。ここで留意しなくてはならない点は基準空気カーマ率と患者照射基準点との違いである。Cアーム形X線装置の患者照射基準点測定は、アイソセンタから焦点方向へ15 cm移動した位置で測定した値と定められている。

したがって、患者照射基準点での値はSID(焦点受像機間距離)によって異なることになる。

2) 海外規格の基準空気カーマ率

基準空気カーマ率の値については前述した理由から我が国の値として、通常透視は50 mGy/min、高線量

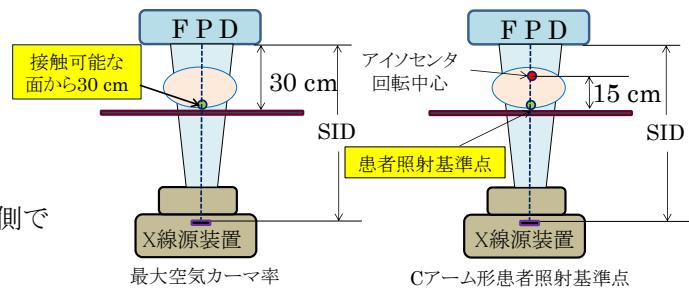


Fig.11 基準空気カーマ率と患者照射基準点の測定方法

透視では 125 mGy/min と制定した。基準空気カーマ率の制限について審議してきた 1995 年当時の米国および国際規格の基準空気カーマ率を Table4 に示す。この Table4 の値から米国は X 線透視画像の画質を主体に、他の規格は被検者の被曝に重みを置いた考え方が伺える。このように最大基準空気カーマ率の制限については各国でいろいろな考えがある。

JIS Z 4751-2-54:2017 および IEC 60601-2-54:2009 の付属書には、被検者の体の大きさが極端な場合、または特定の被検者に対する手技のために高画質が必要な場合は、より高い照射を提供しても差し支えない、などの記載があり各国の法令は基準空気カーマ率について異なる制限を要求している。現行の JIS は基準空気カーマ率の制限について、国際規格は通常透視の最大空気カーマ率 88 mGy/min、高線量率制御を備えた装置で稼働している場合の基準空気カーマ率は 175 mGy/min であると記載されている。我が国の大空気カーマ率の制限を決めてから 20 年が経過し、また IVR が施行されて 30 年余りが経過する中より高度な血管内治療が行われるようになり、国際規格に準じていくか否かについては、慎重な考えが必要かと考える。

5. 乳房撮影用 X 線装置

乳房撮影用 X 線装置の管電圧の性能は JIS Z 4751-2-45:2017 で規定され、一般撮影用 X 線装置に比べてびびしく規定されている (Table5)。その理由は低管電圧での撮影から管電圧指数の値が高く僅かな管電圧の誤差が X 線質に影響するとともに X 線出力に影響を及ぼすためである。インバータ式 X 線高電圧装置 A, B を使用し同一 X 線管を用いて測定した管電圧、管電流および蛍光強度波形を Fig.12 に示す。オシログラムの管電圧波形から管電圧リップル百分率を計測すると装置 A は 2.6 % であるが、装置 B では 33.6 % で装置 A, B で大きな差がある。

管電圧リップル百分率による X 線出力は装置 A に対して装置 B は 69 % 程度である。半価層は装置 A では 0.35、装置 B は 0.33 で管電圧リップル百分率により X 線質に大きく影響を及ぼす。管電圧 30 kV、管電流 100 mA における管電圧リップル百分率の違いが X 線スペクトルにどのような影響を与えるかを調べたものを Fig.13 に示す。縦軸は特性 X 線 (17.4 keV) のピーク値を正規化した相対値、横軸は光子エネルギー [keV] である。

スペクトルから管電圧リップル百分率が大きい装置では軟線部の連続 X 線部を除去できず特性 X 線を利用した撮影は難しいことを意味している。自動露出制御を利用する撮影では同じ管電圧であっても管電圧リップル百分率が大きい装置では、X 線出力が低下する割合だけ撮影時間で不足分補うように動作をする。また、管電圧リップル百分率が大きい装置では軟線部分が多いことなどが被検者被曝に結びつくことなどから乳房撮影用 X 線装置は管電圧の正確度などをより厳しく制限していることが伺える。

今回一般撮影用 X 線装置、血管撮影用 X 線装置および乳房撮影用 X 線装置の JIS の一部について留意

規 格	通常透視 mGy/min	高線量透視 mGy/min
FDA(DHHS)	87.7 10 R/min	175.4 20 R/min
IAEA	25	100
IEC 601-2-43	32	85
IEC 601-1-5	48	120

Table4 海外の規格における基準空気カーマ率

規 格	項 目
X線管電圧	リップル百分率 4 %を超えない
	正確度 ±5 %以下
	再現性 変動係数は 0.05

Table5 X線管電圧の性能

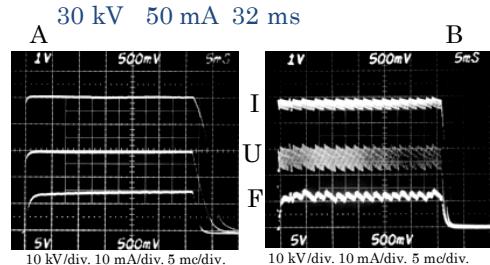


Fig.12 管電圧(U), 管電流(I), 蛍光強度(F) 波形

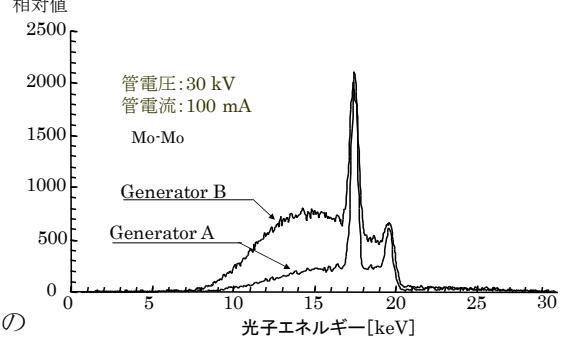


Fig.13 X線スペクトル波形

点を引き出しながら記載させていただいた。診断用 X 線装置は JIS に基付いて製造されていることからユーザとしては規格を理解して、装置の特性などを正しく把握して診断価値の高い画像を医師に提供するよう努力することが必要と考える。

参考文献

- 1) JIS Z 4702, 医用 X 線高電圧装置通則, 日本規格協会
- 2) JIS Z 4751-2-54, 医用電機器－第 5-54 部:撮影・透視用 X 線装置の基本特性及び基本性能に関する個別要求事項, 日本規格協会
- 3) JIS Z 4751-2-43, IVR 用 X 線装置-基礎安全及び基本性能
- 4) 青柳泰司, 改訂 診断用 X 線装置:コロナ社(1979)
- 5) 宮崎茂, 安部真治, 加藤洋, 小林弘昌, 上原英夫, VR 用 X 線装置の被検者入射線量率評価, 日放技学誌, 59,7,839～847(2003.7.20)
- 6) 宮崎茂, 加藤洋, 根岸徹, 安部真治, 小倉泉, X 線管電圧のリップル百分率と X 線出力－マンモグラフィ用 X 線発生装置-, 日放技学誌, 54(10),1207～1215(1998.10.20)

ワークショップ テーマA 一般

『みんなで考える装置管理』

The Equipment Management that Everyone Thinks

座長：川崎市立川崎病院（撮影部会委員）三宅 博之

北里大学病院（撮影部会委員）関 将志

装置の進歩は目覚ましく、我々が日々使用している装置はデジタル化し性能が向上している。放射線業務はこのデジタル装置によって簡素化されるなど大きく変化した。しかし装置がデジタル化されたことによって装置の内部はより複雑化され、ブラックボックスのように装置内部の詳細を把握することは困難になっている。宮園らの報告(2015年度診断用X線装置アンケート調査報告;日放技 Vol. 75No. 1, 2019)ではインバータ化された装置が一般用撮影装置が約95%，血管用撮影装置が約94%，乳房用撮影装置が約96%であった。また受像器がflat panel detector(FPD)となっているのが一般用撮影装置では約52%，血管用撮影装置が約83%であった。装置管理では日常試験を実施している施設が一般用撮影装置、血管用撮影装置および乳房用撮影装置では約94%以上の施設が実施していた。受入試験では約90%以上の施設で実施していたが、実際にユーザが携わっている施設は約18%であった。不変性試験を「知っている」施設は約87%と前回のアンケート(平成22年度)の約85%より不変性試験が認知されていた。

現在の不変性試験はアナログシステムを前提に規定されている規格があり、デジタルシステムに適合した規格は少ない。さらに保守点検は施設が自ら行うか外部の適正な業者に委託してもよいが、責務は使用者側にある。品質保証の観点から安全管理、性能維持および故障の未然防止などを目的とした保守点検を行うことは良質な医療、適正な撮影条件で撮影された画像を提供するために必要なことである。

撮影部会一般分科会では一般用撮影装置・血管用撮影装置・乳房用撮影装置に加え超音波装置および医用モニタについて各講師に講演していただく。装置管理の重要性・実施方法などについて各施設で感じている疑問、困っている点、今後の品質保証の在り方など会員全体でディスカッションできることを希望する。

教育講演 『診断用 X 線装置管理と日本工業規格(一般・血管・乳房用装置)』

医療法人邦友会 小田原循環器病院 宮崎 茂

ワークショップ 『みんなで考える装置管理』

(1)「一般撮影用 X 線装置の管理を考える(主に X 線発生装置と受像系について)」

医療法人邦友会小田原循環器病院 今井 宜雄

(2)「ANGIO 装置に求められる QC と今後の展望」

大阪急性期・総合医療センター 川瀬 佳希

(3)「乳房撮影の装置管理 日常管理によるリスク軽減」

大阪ブレストクリニック 藤井 直子

(4)「超音波診断装置の日常点検について」

東京慈恵会医科大学附属柏病院 山川 仁憲

(5)「医用モニタにおける管理の必要性とその方法」

獨協医科大学埼玉医療センター 諏訪 和明

ワークショップ 一般

テーマ A：みんなで考える装置管理

『一般撮影用 X 線装置の管理を考える (主に X 線発生装置と受像系について)』

Thinks Management of Equipment for General Radiography
; Examination about X-ray Generator and Image Receptor

小田原循環器病院

今井 宜雄

1. はじめに

X 線装置の管理は主に JIS Z 4752 医用画像部門における品質維持の評価及び日常試験方法シリーズに受入試験および不变性試験として規定されている。受入試験の目的は、新しく導入した、若しくは大幅な改造が行われた機器が契約仕様を満たしているかどうかを確認するために行われる。不变性試験は機器の性能が設定基準を満足することを確認する。または機器の構成要素の性能変化を早期に発見するために行われる。本稿では一般撮影用 X 線装置の受入試験、不变性試験の目的と試験方法の一部を紹介する。

2. 一般撮影用 X 線装置管理の目的

一般撮影用 X 線装置を管理せずに使用して発生する不具合にはどのようなことが考えられるだろうか。現在臨床現場に普及する一般撮影用 X 線装置は、インバータ式 X 線高電圧装置にデジタル式 X 線受像システムを組み合わせたデジタル式 X 線診断撮影装置である¹⁾。FS (Film Screen) システム時代に診療放射線技師が X 線撮影を行う際、最も注意を払ったのはフィルム濃度が適正であることであった。フィルム濃度は X 線量が適正であったか、技師の技術を端的に可視化した答案用紙であった。

X 線発生装置の変遷は単相装置から三相 6 ピーク・12 ピーク形 X 線高電圧装置を経て、現在ではインバータ式 X 線高電圧装置が主流を占めている¹⁾。インバータ式 X 線高電圧装置はフィードバック回路を設けており、前示管電圧に対する誤差は少ないが、管電流の精度は不十分であり²⁾、意図する X 線量が出力されているか否かは、前示条件と同等の X 線が出力されているかを把握しておくことが必要である。

出力された X 線の入力を制御する自動露出制御 AEC (Automatic Exposure Control) の基本的な機構は數十年来変化なく、使用者が特性を理解して使用する必要がある¹⁾。

X 線受像システムは FS システムから IP (イメージングプレート) や FPD (Flat Panel Detector) を利用したデジタル受像システムにほぼ置き換わった。デジタル受像システムでは X 線量の大小を画像形成過程で適正濃度範囲に振り分け、撮影者は適正な濃度の画像として観察できる。

2015 年に医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) から診断参考レベル (DRLs2015) が発表され、放射線診療分野で大きな関心を得ている。DRLs2015において自施設の入射表面線量を評価する方法のうち、照射条件から NDD (Numerical dose determination) 法、PCXMC (PC program for X-ray montecarlo) 法がある³⁾。使用者が X 線発生装置の状態を把握せず、X 線発生装置に設定した照射 (前示) 条件が実際に照射される X 線質とは異なるものであったとき、患者さんには意図した以外の被ばくを与えていたことになり、DRLs2015 に対する自施設の位置づけの信頼性が損なわれ、装置の状態を把握することは重要である。

3. 一般撮影用 X 線装置管理の規格

一般撮影用 X 線撮影装置の管理は以下のよう規定されている。

3.1 受入試験：契約仕様を満たしているかどうかを確認するために、新しい機器が設置されるか、又は既存の機器に大幅な改造が行われた後に実施する試験。使用者の責任において使用者および(若しくは)、製造販売業者が実施、確認する。

① JIS Z4752-3-1 医用画像部門における品質維持の評価及び日常試験方法—第 3-1 部:受入試験—診断用 X 線装置

② JIS Z 4752-3-6 画像表示装置

3.2 不変性試験：機器の性能が設定基準を満足することを確認する。又は機器の構成要素の性能変化を早期に発見するために実施する試験。使用者の責任において使用者が実施する。

① JIS Z 4752-2-1 フィルム現像機

② JIS Z 4752-2-2 撮影用カセット及びフィルムチェンジャーにおけるフィルム・増感紙の密着及び相対感度

③ JIS Z 4752-2-3 暗室安全光条件

④ JIS Z 4752-2-5 画像表示装置

⑤ JIS Z 4752-2-8 X 線防護具類

⑥ JIS Z 4752-2-9 診断用間接透視及び間接撮影装置

⑦ JIS Z 4752-2-11 直接撮影用 X 線装置

一般撮影用 X 線撮影装置の管理は上記のとおり規定されており、各施設の現状に合わせて適応を選択する。

4. 一般撮影用 X 線装置管理の実践

4.1 基礎値の設定

不变性試験は受入試験において性能が担保された装置に対して、許容される性能の変化が適用基準内に収まっていることを確認するための試験である。

不变性試験を実施するには、先ず現状試験を実施して基礎値を設定する。基礎値は性能パラメータの基準値で、現状試験直後の最初の不变性試験で得られたパラメータの値、又は対応する個別規格に規定されている場合には、現状試験直後の最初の一連の不变性試験で得られた値の平均値を採用する。また、基礎値は新しい X 線装置を使用開始するとき、又は X 線装置の構成品、付属機器若しくは試験装置を変更したことで、試験結果に影響をおよぼしそうなときは、受入試験又は現状試験によって性能が満足することを確認した後、新たに基礎値を設定する。

続いて実施される不变性試験は基礎値が設定されたときと同様の方法で実施されることが要求されるため、試験方法、試験器具は取扱が容易で再現性に優れていることが重要である。

4.2 不変性試験の実施

4.2.1 不変性試験の頻度

不变性試験の頻度は装置構成要素ごとに示された頻度で実施する。例えば基礎値決定のためには少なくとも 1 週間は毎日実施し、基礎値決定のあと 6 か月間は 2 週間ごと、その後は装置取扱説明書に従って実施する。我々が管理している装置 A の購入後 3 年間の管理データを参考として提示する(Fig.1)。FPD を受像器とする一般撮影装置の AEC 試験を管電圧 80 kV、FFD100 cm、21 mmAl をファントムとして照射野絞り前面に取り付けた状態で実施した結果である。設置から 6 か月後の照射時間が約 10 % 延長している。一

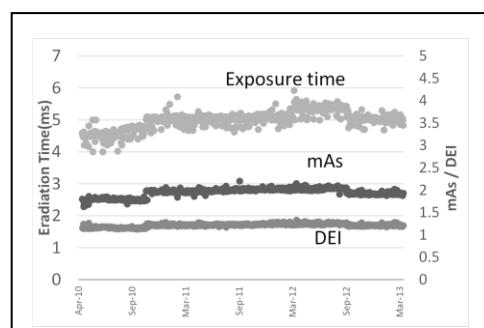


Fig.1 AEC 不変性試験結果

方, 管電流時間積(mAs)は徐々に減少し, FPD の EI(Exposure Index)値も低下している。この現象は X 線管使用にともない X 線管のフィラメントが細くなり, 加熱制御データが変化する傾向²⁾と, 陽極から溶け出した物質が X 線管内壁に付着することによる X 線出力の減少を表していると考えられ, X 線出力が安定するまでの期間は頻回に試験を実施し, 落ち着きが見えた時点で X 線発生装置, AEC, 受像系システムの再調整を行うことが必要である。

4.2.2 不変性試験結果の評価

不变性試験は装置を構成する構成品に対して行われ, 夫々の構成品に適した試験器具, 評価方法により評価される。

X 線源装置からの X 線出力は放射線検出器(線量計)を X 線ビーム内に置き, 焦点一検出器間距離および放射線検出器の位置, 照射野の大きさを最初の不变性試験と同一として, 可能であればマニュアル制御と AEC の両方で実施する。適用基準はマニュアル制御試験では基礎値の±20 %, AEC 試験では低原子番号ファントムの場合-20 ~ +25 %, 高原子番号ファントムでは±25 %が望ましいとされている(JISZ4752-2-11 5.1.5.2)。しかし, 国内において線量計を所有する施設は少なく¹⁾, 計測方法の工夫が必要である。AEC 試験において X 線照射後に表示される照射時間, mAs に変化が現れた場合, 幾何学的配置に変化がないことが確認できれば X 線源装置の変化が疑われる。X 線出力は管電圧の n 乗および mAs との比例相関が知られている(Fig.2, 3)。相関係数は装置ごとに異なるため, 受入試験においてデータを取得することが必須である。

受像面の評価は JIS Z 4752-2-11 医用画像部門における品質維持の評価及び日常試験方法－第 2-11 部: 不変性試験－直接撮影用 X 線装置において光学的濃度による規定のみ示されており, デジタル式受像器の評価方法の確立が望まれる。IEC 60601-

2-54:2009+AMD2:2018において 203.6.3.2.102 Linearity and constancy in RADIOGRAPHY d) Reproducibility of AUTOMATIC EXPOSURE CONTROLS for INDIRECT RADIOGRAPHY の項に with integrated DIGITAL X-RAY IMAGING DEVICES and if the EXPOSURE INDEX is displayed the ratio between the highest and the lowest EXPOSURE INDEX in the RELEVANT IMAGE REGION shall be less than 1,2 for constant X-RAY TUBEVOLTAGE and constant thickness of the irradiated object. が追加された。EI 値は規格が統一されておらず, 値の意味は装置メーカ間で異なるため, 本邦においても取り扱いに注意を呼び掛けているが, 単一装置の不变性試験に利用するのに不都合はなく, 今後積極的に利用すべきと考える。

5.まとめ

患者さんに責任の持てるX線検査を実施するには, 装置の管理が重要である。一般 X 線撮影装置に関する受入試験, 不変性試験の規定は FS システム時代の試験, 評価方法が現在においても改定されておらず, 今日の臨床現場に適用するには工夫が必要である。また, 線量計等の測定器を所有する施設は限られており, 装置管理の実施を難しくしている。近年, 非接続形 X 線測定器は X 線管漏過や付加フィルタの影響を受けず, 管電圧, 線量, 半価層などを精度よく計測できるものが販売されている⁴⁾。また, 本学会計測部会が主催する簡易

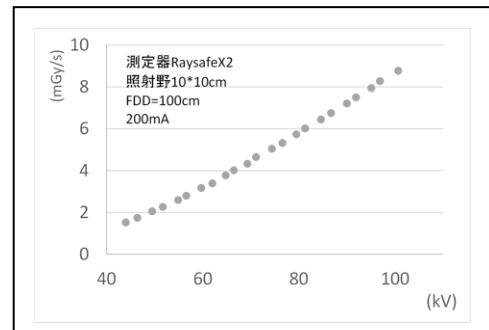


Fig.2 管電圧とX線出力

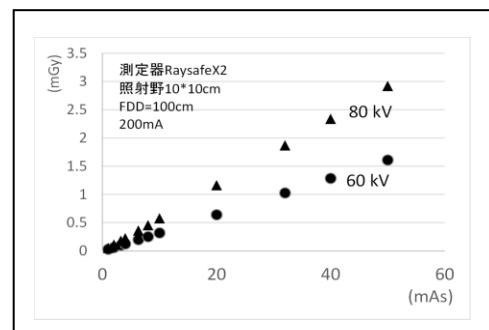


Fig.3 mAs とX線出力

型線量計作成セミナーに参加することで、安価で自作できる簡易型線量計を所有することができる。これらの機会を利用して、是非測定器を施設に備えていただき、装置管理を実践していただきたい。

謝辞

今回の抄録を作成するにあたり、快くデータをご提供くださいました NTT 東日本関東病院放射線部の福地達夫技師長をはじめ、竹添太医療技術主任、他診療放射線技師諸兄に感謝いたします。

参考文献

- 1)宮薗忠文, 三宅博之, 中村浩章, 他. 2015 年度診断用 X 線装置アンケート調査. 日本放射線技術学会誌: 2019(1):54-61
- 2)青柳泰司, 小倉 泉, 安部真治, 他. 改定放射線機器工学(I):107~177
- 3)医療被ばく研究情報ネットワーク. 最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定:2015(6):18
- 4)齋藤祐樹, 安部真治, 小倉 泉, 他. 診断用 X 線装置における非接続形測定器の精度評価. The Journal of Japan Academy of Health Science:2014(1):43-45

『ANGIO 装置に求められる QC と今後の展望』

Quality Control and Future Respects Required for Angiographic System

大阪急性期・総合医療センター

川瀬 佳希

1. はじめに

ANGIO 装置はカテーテルを用いた検査及び治療において必要不可欠なものである。近年では FPD (Flat Panel Detector) 搭載型 ANGIO 装置が広く普及し、臨床で使用されている(図 1)。従来の I.I.型から FPD 型に変わったことで、画質の向上や低被ばくによる画像の提供、また CBCT (Cone Beam-CT) や 3D-RA (Rotational Angiography) 等の回転撮影が実現した。従来は 2 次元の DSA (Digital Subtraction Angiography) 撮影を用いて手技を行ってきたが、CBCT や 3D-RA により、2 次元に加え奥行きの情報も加わり、立体把握が出来るようになり IVR (Interventional Radiology) の支援ツールとして一翼を担っている。更に、ワークステーションの発達により、術者の手技を支援するインターベンショナルツールも大きく発展を遂げている。

上記のように装置は過去と比較し高度化してきており、目覚ましい発展を遂げている。しかしながら、我々が行う日々の装置管理方法によってはその性能を充分に發揮出来ない可能性がある。この装置管理は施設により考え方や方法が異なっており、施設間差異があるのが現状である。

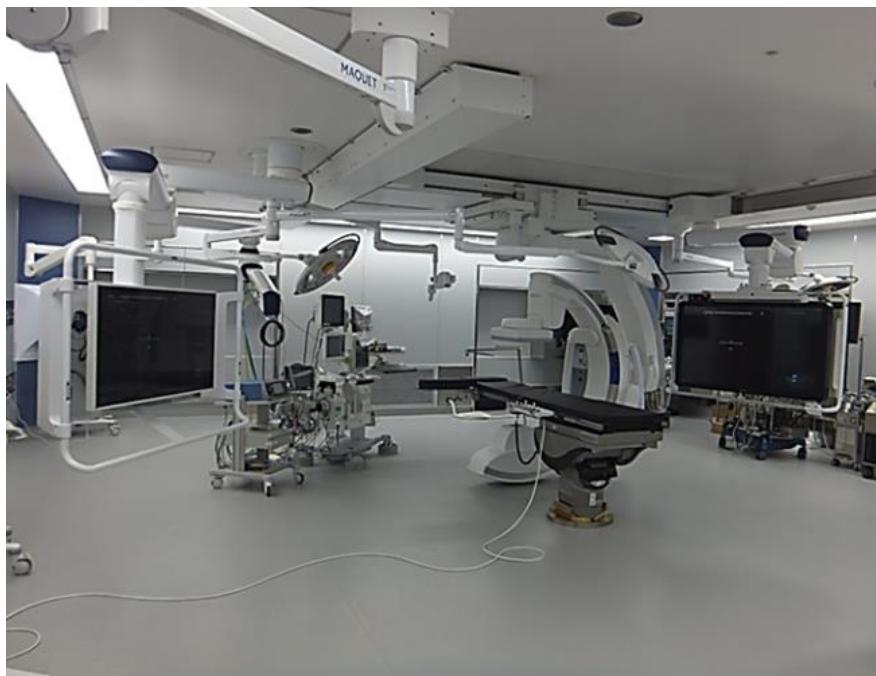


図 1 Hybrid OR (Operating Room)

装置の高度化により ANGIO 装置は手術の現場においても欠かせないものとなっており、適切な品質管理が要求される。

2. 品質管理について

2-1.ANGIO 装置

ANGIO装置を使用する上で、日常点検は欠かせない。点検には日本画像医療システム工業会JIRA (Japan Medical Imaging and Radiological Systems Industries Association) から提供されている始業・終業点検表や、メーカー独自の始業・終業点検表の使用、または施設固有の点検表を使用するなど施設ごとに様々である。また、透視・撮影の条件は手技内容やANGIO装置のスペックにも依存するため、施設により異なる。

画質と被ばくはトレードオフの関係にあるため適切に管理する必要があり、そのため設定された条件が装置から出力されていることを確認する必要がある。実際には装置据え付け後に施設ごとに決めた条件にて透視・撮影時の出力点検を行い、その際の出力 (kV, mA, ms 等) を記録する。以後はこれを基準値とし、日々装置に異常がないことを確認する指標とすることで装置異常の早期発見に繋がる。更に日常点検・定期点検を実施することにより、問題箇所のルールアウトや異常箇所の特定に繋がり、装置の早期復帰も可能となる。

2-2. インターベンショナルツール

昨今、CBCT や 3D-RA はインターベンショナルツールとして欠かせないものとなっている。しかし、このツールに関する品質管理に明確な指標はなく、施設によって定めた方法によって管理されているのが現状であると考える。回転撮影は装置の状態により、アーチファクトの発生や面内の均一性が保たれない等の状況が発生することが考えらえる。日常点検や定期的な管理により、異常の早期発見や故障の兆候を発見出来るように努める必要がある。今後、管理方法が確立されることを期待したい。

2-3. モニタ

カテークル検査は必ずモニタを参照しながら施行される。モニタは通常のテレビと同様、年数経過により輝度が低下し最終的には交換を余儀なくされる。検査時、モニタ輝度の低下により視認性が悪化し、これが術者の手技の妨げになる恐れがある。また、モニタを観察する操作室や検査室における環境光が視認性を低下させている可能性もある。日頃から目視確認の実施、医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドラインに基づき、モニタや環境光の状況を把握しておく必要がある¹⁾。

3. 最後に

我々は装置の性能を最大限に発揮するため、適切な装置管理を行うことに努めなければならない。そのためには、日頃から自施設の装置の状態を把握しておく必要がある。今後、デバイスの向上や ANGIO 装置の発展により益々IVR が発展していくことが予想される。いずれの施設においても適切な医療を提供出来るよう装置管理方法を標準化することが望まれる。

当日は実際の事例等を交えながら装置管理についてお話し頂きます。

参考文献

- 1) JESRAX-0093*B-2017 医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン 社)日本画像医療システム工業会技術資料

ワークショップ 一般

テーマ A：みんなで考える装置管理

『乳房撮影の装置管理 日常管理によるリスク軽減』

Equipment Management of Mammography : Risk Reduction by Day to Day Management

大阪ブレストクリニック

藤井 直子

1. はじめに

乳房撮影装置の品質管理は乳がん検診の歴史とともに、管理の必要性・重要性に対する放射線技師の意識が高くなってきたと言える。乳がん検診は1987年に第2次老人保健事業に乳がん検診に視触診が導入され、その後1990年に厚労省から「乳がん検診へのX線撮影導入に関する研究調査事業」が行われ、1997年の老人保健健康増進等事業「マンモグラフィを導入した乳がん検診の実施体制についての調査研究」(大内班)を経て、2000年に第4次老人保健事業(老健法第65号)として50歳以上へのマンモグラフィ検診が導入された。さらに、2004年には第5次老人保健事業(老老発第0427001号)では40歳代へのマンモグラフィ検診が導入された¹⁾。その後現在ではMMG撮影は、40歳以上50歳未満:MLO+CC、50歳以上:MLOとなっており、視触診は行っても良いが、視触診を実施する場合にはマンモグラフィと併用することが必須となった。日本の乳がん検診を精度良く行うためには読影に適した良質なマンモグラフィが必要であり放射線技師の役割は非常に重要である。

2. 特定非営利活動法人 日本乳がん検診精度管理中央機構（以下 精中機構）²⁾ の存在

精中機構は日本乳癌検診学会・日本乳癌学会をはじめとする日本の9学会から構成され、日本の乳がん検診に関わるマンモグラフィ・超音波の精度管理および教育を行うことを目的としている。

マンモグラフィを導入した乳がん検診の開始に伴い、「マンモグラフィによる乳がん検診の手引き—精度管理マニュアル」の中に「マンモグラフィ撮影実施施設の基準」が定められている³⁾。基準の第1項目に「乳房X線撮影装置に対する仕様基準を満たし、線量および画質基準を満たすこと」が、第2項目に「マンモグラフィ撮影技術および精度管理に関する基本講習プログラムに準じた講習会を修了した診療放射線技師が撮影すること」が明記されている。このような背景のもとにマンモグラフィ撮影に関する講習会を受講することで撮影装置だけでなく、画像形成・画像表示・画像保管に関する多くの周辺機器を含めた包括的な品質管理に対する意識が高くなり、それらのハード面を的確に活かす撮影技術向上の意識を高く持つきっかけにもなっていると考える。

とくに公費検診において、以下の3項目をクリアしていない事業所は公費検診を受託不可としている市町村もある。

- ①精中機構による施設画像評価(A/B)を取得していること。
- ②マンモグラフィ撮影講習会の受講が修了しA/B判定の技師による撮影。
- ③マンモグラフィ読影講習会の受講が修了しA/B判定の医師が読影にあたること。

装置面だけでなく検診従事者のクオリティに対しても意識が高く、公費検診を行う行政側にも品質管理の重要性は広く浸透していると考えられる⁴⁾。上記の①②③を検診施設(公費・任意型を含めて)の看板に掲げている施設も多々存在し、受診者もそのような施設を選んでいる傾向がある。視触診が省略可

となった現状では、受診者に接する唯一の医療従事者は放射線技師のみとなる場面も有り、マンモグラフィ検診に携わる放射線技師の役割は大きく、精中機構が示す「マンモグラフィ撮影実施施設の基準」はマンモグラフィに携わる技師全体のレベルアップの原動力となっている。

3. 乳房撮影に関わる品質管理項目

乳房撮影に関わる品質管理項目は日常的な品質管理と定期的な品質管理（不变性試験）があり、管理項目は多岐にわたるためここでは項目を列記することは避けることとし、参考文献を参照していただきたい^{3) 5) 6)}。定期的な品質管理は6ヶ月または1年に1回行う項目であり、高額な測定機器やファントムなどが必要となり時間も手間もかかる。日常的な品質管理は比較的安価なファントムを用いて短時間で簡便に行える管理である。始業前に行うことでその日の撮影の安全性・品質を担保するだけでなく、撮影装置の軽微な異変や周辺機器の不具合が早期に発見でき故障箇所への早急な対応が可能となる。

4. 日常的な品質管理の重要性（トラブルへの対応）

当クリニックでは日常的な品質管理として以下の項目を毎朝始業前に施行し記録を残している。

- ①FPD 全面を覆う PMMA4cm を用いて全てのフィルタで撮影する。
- ②ACR156+step ファントム撮影する。
- ③5M モニタに TG-18QC テストパターンを表示した後、視覚評価を行う。
- ④結果を Excel に記録し担当技師はその日に気がついた点などの申し送りも記載している。(Fig.1)

FPD 温度：32.5度を越えるとエラーが出る可能性があります。											検テアコン 夏期：6月～11月 ドライ設定 冬期：エアコン OFF		(注1) tomo評価：画像再構成の異常の有無・前日との画質の差異								
日時	FPD 温度 温湿度 (25±2度) 温湿度 (10±6%)	撮影環境			mAs	EI値	mAs tomo	EI値 Tomo	画素値 (ROI 64) (mean*)			156			ステップファントム 線維 石炭化 腫瘍 暗部	画素値 1枚目	tomo 画素値 (注1) 暗部	圧迫板 高さ (mm)	特記事項		
		156中心	中心Std	周辺					ディスク	△D	Dmax	線維	石炭化	腫瘍	暗部						
19.4.19 32.09	26.5 36.0	106.0	327.0	51.0	524.0	277.2	5.13	276.7	220.0	56.7	3625.3	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1651.2 103.1	OK 0.0			
19.4.20 32.12	25.1 23.0	93.0	293.0	51.0	526.0	242.9	4.76	242.6	192.8	49.8	3164.8	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1445.9 90.6	OK 0.0			
19.4.22 31.82	25.0 43.0	106.0	327.0	51.0	527.0	277.1	5.05	276.5	220.1	56.4	3640.1	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1643.6 103.1	OK 0.0			
19.4.23 32.57	26.8 28.0	108.0	325.0	52.0	532.0	275.2	5.12	274.5	218.4	56.1	3642.1	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1639.7 103.1	OK 0.0			
19.4.24 32.19	28.4 38.0	104.0	321.0	51.0	529.0	272.0	5.05	271.1	215.6	55.5	3572.9	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1614.7 101.5	OK 0.0			
19.4.25 32.06	28.9 43.0	106.0	328.0	52.0	530.0	278.2	5.07	277.7	220.8	56.9	3664.5	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1647.1 103.9	OK 0.0			
19.4.26 32.06	25.8 41.0	108.0	331.0	51.0	525.0	281.8	5.11	281.4	223.6	57.8	3718.5	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1675.7 105.5	OK 0.0			
19.4.27 31.92	25.0 29.0	103.0	318.0	51.0	529.0	268.0	4.94	267.5	212.9	54.6	3529.1	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1592.4 100.0	OK 0.0			
19.4.30 32.02	22.6 45.0	101.0	314.0	51.0	532.0	264.7	5.01	264.2	209.9	54.3	3498.5	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1565.2 98.7	OK 0.0			
19.5.1 32.23	25.3 47.0	103.0	320.0	51.0	533.0	270.8	4.99	270.4	215.0	55.4	3535.9	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1605.2 100.4	OK 0.0			
19.5.2 32.16	24.3 39.0	101.0	314.0	51.0	537.0	264.1	4.96	263.4	209.6	53.7	3474.4	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1573.5 98.4	OK 0.0			
19.5.7 32.06	23.3 27.0	99.0	312.0	51.0	536.0	266.5	4.90	266.1	211.5	54.6	3478.4	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1580.4 99.0	OK 0.0			
19.5.8 32.23	22.5 25.0	101.0	312.0	51.0	536.0	262.0	5.01	262.0	207.8	54.2	3431.8	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1556.6 97.8	OK 0.0			
19.5.9 32.60	24.0 24.0	100.0	313.0	51.0	536.0	263.0	4.98	262.7	208.7	54.0	3451.5	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1567.1 98.3	OK 0.0			
19.5.10 32.16	25.0 33.0	95.0	300.0	51.0	538.0	249.9	4.83	249.4	198.4	51.0	3267.2	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1479.5 93.1	OK 0.0			
19.5.11 32.19	29.8 30.0	101.0	310.0	51.0	536.0	266.0	5.08	269.1	214.0	55.1	3522.0	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1600.6 101.0	OK 0.0			
										4.86	259.8	207.5	52.3	3410.5	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1541.3 97.1	OK 0.0
										5.04	272.8	216.8	56.0	3595.2	5.0	4.0	4.0	10	10 9	1626.1 101.8	OK 0.0

Fig.1 日常管理データシート

日常管理で撮影したファントム画像は PACS を介して、画像表示ビューアに配信・表示される。読影時と同じ状態で観察するところまでを毎日行い、その日の検査が円滑に行えることを確認することが重要である。画像がデジタル化したことにより撮影装置以外にも院内 PACS やビューア等のトラブルの早期発見につながる場合がある。当日のワークショップではトラブル事例のいくつかを提示する予定である。

5. 周辺機器を含めた品質管理の実施状況（他施設アンケート）

2019年3月に私が所属している関西乳房画像研究会において、日常的な品質管理・定期的な品質管理について研究会参加者を中心にアンケートを実施したところ、毎日 MMG を撮影している施設(80件/毎日)から週1から2回(2件/日)の施設まで、約70施設から回答をいただいた。

アンケート結果から日常的な品質管理に関しては、9割を越える施設が始業前に撮影装置の日常点検を行っており、そのうち多くの施設が点検結果を記録し保管していた。撮影装置だけでなく、レーザープリンタやビューアの管理も一連の作業として行っている施設も多くあり、日常管理の重要性がとても

よく浸透していると考えられた。定期的な品質管理（6ヶ月・1年）に関しては実施している施設は9割を超え、そのうち9割近い施設が業者に委託して行っていた。アンケート集計前は、定期的な品質管理は測定器など高価な物品を必要とすることや、点検費用・保守契約費用がかかるため実施できていない施設が多いと想像していたが、近年は品質管理に関する支出は病院側の理解を得られているようである。しかし、業者に委託することで、技師が定期的な品質管理に関わる場面が減っていることが予想される。

日常の品質管理でトラブルに遭遇した場合には、原因がどこにあるか・的確な対応は何かなどの判断は、装置に対する知識が必要となり、定期的な品質管理で行う項目や機器の構造を知っていないと対応できない事例も多々あるため、装置に対する理解を深めるためにも、定期的な品質管理施行時には実施業者とともに作業に立ち会い品質管理に参加していただきたい。

6. 診断参考レベル (Diagnostic Reference Level; DRL)

2015年に最新の国内実態調査結果に基づいてDRLが定められた⁷⁾。乳房撮影の領域において、以前は「乳房4.2cmに対する平均乳腺線量3.0mGy以下とする」の基準であったが、2015年に定められたDRLは「PMMA・4cmに対する平均乳腺線量2.4mGy以下」とされた。この値は精中機構によるマンモグラフィ認定施設取得時のガラス線量計による平均乳腺線量の実測値を用いて行われており、A/Bの認定を受けた施設のデータをもとに95percentileの線量値を採用し2.4mGyと定められた。しかし、EUREFの規定は「PMMA・4cmに対する平均乳腺線量2.0mGy以下」であり、今後は画質を担保した上のさらなる線量低減に努める必要があると考える⁸⁾。

7. まとめ

乳房撮影装置の機器管理は、精中機構の存在により撮影技師・撮影施設・行政の関心も高い。多くの施設で管理が行われているが、定期的な品質管理は業者任せになっている施設が多く、品質管理全般に技師がもっと関わりを持ち日々の業務に活かしていくことを期待する。

参考文献

- 1) 森本 忠興, 日本の乳癌検診の歴史と課題, 乳癌検診学会誌 2009 18 (3) OCT
- 2) 特定非営利活動法人 日本乳がん検診精度管理中央機構（精中機構） <https://www.qabcs.or.jp/contact/>
- 3) 大内憲明, マンモグラフィによる乳がん検診の手引き—精度管理マニュアル—第6版増補日本医事新報社
- 4) 大阪市乳がん検診取扱医療機関参加基準
<https://www.city.osaka.lg.jp/hodoshiryo/cmsfiles/contents/0000395/395354/sankakijun.pdf>
- 5) 放射線医療技術学叢書（14-4）, 乳房撮影精度管理マニュアル 公益社団法人 日本放射線技術学会 放射線撮影分科会 2012
- 6) NPO 法人日本乳がん検診精度管理中央機構, デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル第2版医学書院
- 7) 最新の国内実態調査結果に基づく 診断参考レベルの設定 平成27年6月7日
- 8) European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis Fourth edition Supplements

ワークショップ 一般

テーマ A：みんなで考える装置管理

『超音波診断装置の日常点検について』

About Daily Check of Ultrasonic Diagnostic Equipment

東京慈恵会医科大学附属柏病院

山川 仁憲

1. はじめに

超音波診断装置は、最近の技術革新により小型、軽量でありながら安価で高性能なものが出回ってきた。装置が使われる場所も、外来や病棟はもちろん、手術室や救急室、血管撮影室、在宅や災害現場などと様々である。そのような条件下において、きちんとした精度を担保するには日常点検をはじめとする装置管理が必要不可欠である。超音波装置に関する点検について紹介したく思う。

2. 超音波診断装置の実際

超音波診断装置を扱う術者は不特定多数なことが多く、輸液ポンプなどと同様に臨床工学士が装置を管理している施設もある。超音波検査室などに置かれている超音波診断装置は、検査技師の管理の基、メーカーによる保守点検などを受けているが、病棟間を移動する超音波診断装置や救急現場で使われている装置は、移動時の衝撃やプローブの落下による故障なども決して少なくない。

3. 日常点検

超音波診断装置にとってプローブ(探触子)は、検査を行う上で最も重要な部分であり、とても高価かつ繊細な部分である。内部に配置されているセラミックでできた素子を約 200 本程度に切り分け配線しているが、プローブをぶつけたりすることで、その素子が壊れると修理することは出来ず、新品交換となる。プローブの種類によっては、プローブ 1 本が高級自動車程の金額になることもあり、装置を扱う者として、画像に直接影響するプローブの破損などには常に気を付け、日常点検として装置の状態を把握しておくことは重要である。またユーザーではできない装置本体の内部の状態を、専用機器を用いて定期的にメーカーなどが管理する定期点検や保守点検は、装置の安全性を担保し安定して使用する上で必要不可欠なことである。

4. まとめ

装置の納入時に行う受け入れ試験は、納入メーカーが行うが、それ以降の点検は使用する術者が日常点検として始業・終業点検を行い、定期点検として年に 1-2 回メーカー等が行っている施設も多く存在する。しかし、超音波検査を行う環境も様々であり、より定量的な評価に用いる超音波用ファントムも経年変化をするため、精度管理を行う上では、他のモダリティのようにはできないのが現状である。

しかし、画像を扱う者として、使用する装置を最善の状況を維持することは当然であり、未然にトラブルを防ぐ工夫をすることも重要である。各学会等で提案する日常点検だけでなく、術者が感じた違和感などをノートなどに書き止め、スタッフ間での情報共有し、必要に応じてメーカー等への問い合わせ、修理依頼を行うことは超音波検査の担当者の責務であることは言うまでもない。

ワークショップ 一般

テーマ A：みんなで考える装置管理

『医用モニタにおける管理の必要性とその方法』

Necessity and Method of Management in Medical Display

獨協医科大学埼玉医療センター

諏訪 和明

1. はじめに

現在、ほとんどの施設がフィルムレス運用によるモニタ診断が行われており、施設間の画像提供においても CD や DVD による可搬媒体が使用されている。そのような背景の中、施設内においてはあらゆる場所にモニタが設置され、施設内のどこでも画像を表示することができるようネットワークが組まれている。

フィルム運用時代はフィルム、現像機、シャウカステンを用いていたこともあり、これらの品質管理においては放射線技師が行なってきた。現在のモニタ診断時代においても画像診断を行う為の医用モニタは品質管理する必要がある。

2. 医用モニタ

放射線機器の進歩により CT 装置・MRI 装置以外の一般撮影装置や乳房撮影装置、血管造影装置、超音波装置など殆どのモダリティがデジタル化された。放射線領域以外においても内視鏡装置などもデジタル化が進み、現在の医療現場においては医用画像装置の殆どがデジタル画像としてモニタに表示されている。

これらの医用画像は膨大な量のデータとして生成され、これらを表示する際には医療の判断の誤りにつながらないように詳細にかつ忠実に、そして安定して画像を再現することが重要である。

医用モニタはこれらの要求を実現するために高解像度で多階調であり、診察室など明るい環境下での視認性を確保する為の高輝度化など様々な性能を備えている。さらに、Digital Imaging and communication in Medicine (以下、DICOM) の PS3.14 により医療におけるデジタル画像の通信が定義され、医用モニタにおいては Grayscale Standard Display Function (以下、GSDF) での提示 LUT の設定が行われている。

3. モニタ管理の必要性について

施設内には多くのモニタが設置されているが、全てのモニタが同じではなく、機種やメーカー、解像度などが異なっている。しかも、同じメーカーの同じ機種に同一の画像データを表示させたとしても表示は微妙に異なる。医療の中では同一の画像データを別の場所で表示させることや過去の画像との比較などを行うことが殆どであり、異なって見えてしまうということは医療の質の低下に繋がってしまう。

医用モニタにおいても通常のモニタ同様、バックライトの劣化などにより時間と共に緩やかに輝度の低下が発生する。また、設定値の変化などが発生する場合もあり、これらは急に発生するのではなく、長い時間をかけて変化していくことで観察者は気がつかないことが多い。このような事が発生した状態で診断をすることは医療の現場ではとても危険なことであり、これこそまさに医療の質の低下となってしまう。

私たち診療放射線技師は、1枚のエックス線画像を提供するのに、長い時間をかけ撮影条件や画像処理の研究、撮影装置の管理などを行った上で、「患者様にとって最適な画像」を提供するために撮影を行っている。医用モニタはそれらすべての集大成の画像を表示するためのデバイスであり、忠実にかつ正確に画像表示する

必要がある。その為、医療の現場で使用する医用モニタにおいては特に品質の管理が重要となる。

4. モニタの管理方法について

現在の国内におけるモニタに関するガイドラインにはデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン：日本医学放射線学会や JESRA X-0093*B²⁰¹⁷（医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン）：日本画像医療システム工業会、「じん肺標準エックス線写真集」（平成23年3月）：フィルム版及び電子媒体版の取扱いについて：厚生労働省労働基準局、デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル：NPO 法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会などがある。

当院では、院内に設置されている医用モニタを一括で集中管理できるソフトを導入し、「JESRA X-0093B²⁰¹⁷」を用いた管理を実施している。

「JESRA X-0093B²⁰¹⁷」では、管理するモニタの分類や管理の運用体制、受入時の試験、不变性の試験、試験後の対応、各試験の判定値など様々な項目において組み込まれている。試験項目としては、目視と測定による評価があり、それぞれテストパターンを用いて行う。

当院でのモニタ管理は、2006年頃より放射線科医師が使用する読影端末のみを放射線技師数名だけで管理する体制でスタートした。これは、モニタ管理の必要性を放射線科医師に知って頂くためのデータ取得目的でもあり、集中管理ソフト導入のためでもあった。2011年頃より集中管理ソフトを用いたモニタ管理を実施しているが、放射線技師が中心ではなく、医療情報部門を中心とした管理体制で運用している。集中管理開始当初は60枚程度のモニタ管理であったが途中の追加や2017年に行われた増床工事に伴う追加などで現在は約100枚の管理となっている。増床工事時に病棟の移動等が発生したことで、モニタの移動が行われる状況であり、モニタ管理を実施していることを知らない職員による移動となったモニタは、集中管理が一時的にできない状況になるなど集中管理を行う上でも問題点があることが分かった。

5. まとめ

フィルムレス運用が当たり前となっている施設の中で私たち診療放射線技師が様々な工夫をして撮影した画像を表示する医用モニタは私たち診療放射線技師の最終的なモダリティと言っても過言ではないと考えている。その最終デバイスまで含め、熟知、管理することは当然、必要なことであり、とても重要なことである。

当施設のモニタ管理方法が全てではないが、各々の施設の中でモニタ管理に対する必要性を十分に理解し、私たち診療放射線技師が中心となってモニタ管理に取り組むことが「医療の質」の向上に繋がると考える。

参考文献

- 1) DICOM PS3.14-2001 翻訳 医療におけるデジタル画像と通信(DICOM)卷 14:グレースケール標準表示関数.日本画像医療システム工業会
- 2) JESRA X-0093B²⁰¹⁷ 医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン:(一社)日本画像医療システム工業会
- 3) 「じん肺標準エックス線写真集」(平成23年3月):フィルム版及び電子媒体版の取扱いについて:厚生労働省労働基準局
- 4) デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル:NPO 法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会

教育講演

テーマ B (CT) :

『外傷診療戦略における CT』

Strategy and Treatment with CT for Trauma

りんくう総合医療センター 大阪府泉州救命救急センター

臼井 亮介

1. はじめに

CT は多くの情報をもたらす非常に有能な画像検査であり、現代医療において不可欠な診断ツールとなっている。外傷診療においても同様であり、治療方針を決定する上で多くの情報を得ることができる。しかし、外傷では循環動態が時々刻々と変化することがあり、CT の適応に関しては十分に注意を払う必要がある。そして、得られた画像から短時間で適切に情報を読み取り、治療に繋げなければならない。本講演では、外傷初期診療における CT の読影および治療戦略について概説する。

2. 外傷全身 CT の読影

外傷診療は時間との戦いであり、限られた時間の中で画像から得られた情報を速やかに治療方針に反映させなければならない。外傷全身 CT は膨大な情報・スライス数があり、検査や画像提供に時間が掛かるため、迅速かつ効率的な読影が求められる。外傷初期診療ガイドライン (Japan Advanced Trauma Evaluation and Care: JATEC) では、外傷初期診療における CT 画像を 3 段階で読影するように推奨している。

第 1 段階では、直ちに緊急処置を要する損傷を検索する。焦点を絞った迅速評価である Focused Assessment with CT for Trauma (FACT) (**Fig. 1**) を行い、全身の損傷状況を大まかに把握し、次に向かうべき大まかな方向性を決める。FACT のみで緊急性の高い所見をすべて拾い上げられるわけではないため、可及的速やかに第 2 段階の読影に移行する。

第 2 段階では、第 1 段階で拾い上げた所見を中心に多段面再構成画像や早期相・後期相を比較し、より詳細な評価を行う。また、第 1 段階で抽出の対象となるものの、迅速な処置が求められる損傷を評価する。

第 3 段階では、患者状態が落ち着いた後で CT だけでなく単純 X 線写真も用いて全身をくまなく評価する。時間をかけて丁寧に検索し見落としを防ぐ。

Fig. 1 FACT の評価部位と拾い上げる所見

	拾い上げる所見
頭部	緊急減圧開頭が必要な血腫
大動脈弓部遠位	大動脈損傷、縦隔血腫
肺底部	広範な肺挫傷、血気胸、心嚢血腫
骨盤底	腹腔内出血
骨盤から椎体周囲	骨盤骨折、後腹膜血腫
実質臓器損傷	実質臓器(肝・脾・腎・膵)損傷、腸間膜血腫

3. 治療方針決定のための項目

CTで損傷を認めた場合、個々の損傷と全身状態の緊急度・重症度を評価し治療方針を決定することになる。画像所見のみならず、下記項目“ABCDEFGS”(Fig. 2)も考慮し総合的に判断する。

Fig. 2 治療方針を考えるための項目

A	Age	年齢
B	number of Bleeding Bleeding space speed of Bleeding	出血の数 出血の部位 出血の速度
C	Coagulopathy	血液凝固障害
D	Drug and history	易出血性の内服薬、基礎疾患
E	Event to study time	受傷から検査までの時間
F	Form of organ injury	臓器損傷形態、被膜破綻の有無
G	Grade of energy Glasgow Coma Scale	受傷エネルギーの大きさ 意識レベル(脳実質損傷の有無)
S	Shock and vital signs	ショックの有無、生理学的徵候の推移

※B・Fは画像から把握可能、A・D・E・G・Sは臨床的に把握可能

4. まとめ

CTは外傷診療において欠かすことが出来ない検査の1つであるが、あくまで検査ツールであり治療ツールではない。撮影することが目的ではなく、その情報を治療に結びつけることに意味がある。しかし、画像所見のみで治療方針が決定されるわけではない。同じ画像所見でも患者の状態によって治療方針が異なることに留意する必要がある。

参考文献

- 1) 日本外傷学会外傷初期診療ガイドライン改訂第5版編集委員会/編. 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) 日本外傷学会外傷専門診療ガイドライン改訂第2版編集委員会/編. 外傷専門診療ガイドライン JETEC 改訂第2版. へるす出版;2018

『救急診療におけるCT検査の役割を再考する』

Reconsider role of CT examination in emergency medicine

座長：千葉市立海浜病院（撮影部会委員）高木 卓

国立がん研究センター東病院（撮影部会委員）野村 恵一

1. はじめに

救急診療において画像診断は客観的な患者情報を提供する有用な手段として用いられている。なかでもCT検査は装置性能の向上により、短時間に広範囲の撮影が可能であること、取得される画像は詳細かつ3次元の情報を持ち、さらに造影剤を用いることによりコントラストの向上と血管および臓器の血行動態までも評価可能であることから、救急診療において診断および治療方針の決定に有用なモダリティと言える。多種多様な疾患が疑われる救急診療において、CT検査の適応決定と最適な検査プロトコルの選択を行うことは非常に重要と言える。

2. 救急CT検査プロトコルの標準化と課題

撮影部会では、CT検査プロトコルの標準化を目指して2008年より学術調査研究班を組織し、2010年に「X線CT撮影における標準化~GuLACTIC~(初版)」を、2015年には「X線CT撮影における標準化~GALACTIC~改訂2版」を発刊してきた。「X線CT撮影における標準化(以下、GALACTIC)」は延べ7000部が頒布され、標準プロトコルとしての役割を果たしていると予想される。GALACTICは、救急診療にも対応しており、救急における撮影プロトコルとして「急性腹症」と「外傷(頭部・顔面外傷、頸部外傷、胸腹部外傷、外傷全身)」を、頭部、循環器疾患においても救急に対応可能な検査プロトコルを掲載している。しかし、一刻を争う救急診療で用いられているCTプロトコルの有用性の検証は、これまで十分行われていない。また、救急診療では個々の患者の病歴や発症時期(外傷であれば受傷機転)、搬送時の身体所見、他の検査情報などを総合的に判断し、CT検査の実施とプロトコル選択が行われるため、標準化プロトコルの細分化についても議論が必要となる可能性がある。さらに、最新の撮影技術の適応についても議論が必要である。

3. 今回のワークショップへの期待

今回のワークショップでは救急診療においてCTの役割が重要な「脳卒中」、「循環器疾患」、「急性腹症」、「外傷」を取り上げ、最新の救急診療におけるCT検査の役割を確認するとともに、GALACTICに掲載された検査プロトコルについて検証、各疾患の最新の治療方法への適応、最新のCT検査技術の有用性も踏まえ、救急診療に最適化された検査プロトコルの構築を目指して議論を行う予定である。また、診断・治療まで一刻を争う救急診療において迅速な画像出力及び画像処理も必須であり、加えて夜間休日における検査の質の担保に向けた取り組みについても議論していきたい。本ワークショップを通じて、CT検査の質の向上はもちろん、早期診断、治療、そして救命につながるCT検査プロトコルが構築できることを期待したい。

ワークショップ CT

テーマ B：救急診療における CT 検査の役割を再考する

『急性期脳卒中の CT 撮影を再考する』

The optimum techniques of CT scan in acute stroke

秋田県立循環器・脳脊髄センター

大村 知己

1. 目的

本項では急性期脳卒中において、治療をアシストする視点から救急診療における CT 検査の役割を確認する。急性脳虚血(acute ischemic stroke: AIS)では、心原性脳塞栓症の血栓回収療法において、迅速に診断と治療適応の判断ができる画像が求められる。くも膜下出血(subarachnoid hemorrhage: SAH)では、病態を把握した撮影により、形態評価がしやすい手術支援画像の提出が可能になる。疾患ごとに CT 検査プロトコルを再考し、新たな撮影手技と画像表示についても考察したい。

2-1. 心原性脳塞栓症による AIS と治療

AIS を呈する疾患において、心原性脳塞栓症は不整脈によって心腔内に生じた血栓が脳主幹動脈を閉塞して発症する。血栓溶解剤を静注して再開通化を図る血栓溶解療法は、適応時間が発症後 4.5 時間以内であり¹⁾、この時間内は超急性期とされる。超急性期における心原性脳塞栓症の治療は血栓の溶解と回収であり、血栓溶解剤で閉塞血管の再開通が果たせない場合は、カテーテルを血栓まで運び、専用のデバイスによって血栓を回収する血栓回収療法が適応となる。血栓回収療法の有効性は多くの他施設研究で明らかにされている²⁾。また、近年、適応時間が最大で 24 時間まで延長され³⁾、広く心原性脳塞栓の AIS に適応されることが期待される。いずれの治療も適応時間が定められているが、治療開始と閉塞血管の再開通が早期であるほど良好な予後が期待できる。したがって、患者搬入後は少しでも早く治療を開始することが推奨され⁴⁾、撮影および画像提出においても迅速さが求められる。

2-2. 治療適応と頭部単純 CT

血栓溶解療法、血栓回収療法とともに、画像検査において治療の適応があるとみなされるのは、広汎な脳梗塞領域を認めないことである⁴⁾。脳梗塞領域の検出は感度の高い拡散強調画像を含む MRI が第一選択である場合が多い。一方、頭部単純 CT では灰白質と白質のコントラスト低下に起因する早期虚血変化が画像所見として観察される。検査時間の短い頭部単純 CT での早期虚血変化の描出は、血栓溶解療法や血栓回収療法をより早く行えるメリットがある。血栓回収療法の有効性が確立されたことも鑑みて、画像診断ガイドラインでは 2016 年版において AIS の頭部単純 CT がグレード A に格上げされた⁵⁾。

早期虚血変化は、正常で 10 HU 前後の CT 値差である灰白質と白質のコントラストが、灰白質の浮腫性変化による CT 値の低下で不明瞭化した状態である。この状態において、灰白質と白質の CT 値差は概ね 5 HU 以下であると考えられる。したがって頭部単純 CT では、淡いコントラストを担保できる撮影条件が必要である。撮影ガイドラインの GALACTIC⁶⁾では、急性脳虚血の撮影線量設定において、自動露出機構を用いて 5 mm のスライス厚で画像 SD が 3 HU 程度の設定を推奨している。これは 5 HU 以下の CT 値差を表現するために必要なコントラスト分解能を担保する、画素値のゆらぎとしての画像ノイズ量を考慮した推奨値と考えられる。

CT 検査のみで治療の適応を決定する状況下では、早期虚血変化の描出が検査の主目的となる。したがって、画像 SDにおいて 3 HU 程度を担保するためには、比較的高い線量設定が必要と考える。その場合、スキャン方式、撮影条件、再構成関数などが至適化された条件下であっても、本邦における頭部単純 CT の診断参考レベルである 85 mGy⁷⁾を超える場合も想定される。この場合、診断参考レベルは参考値であり上限値ではないことを理解しなければならない。一方で、CT 検査の前後いずれかで MRI を施行する場合は、この限りではないと考える。他検査との兼ね合いも考えた柔軟な線量設定が望まれる。

早期虚血変化の観察には、非常に淡い低吸収域を検出する必要がある。この観察には熟練度や専門性が大きく関わるため、日常的に触れる機会が少ない場合には検出が容易ではない。これまでに、検出を補助するツールが多く考案されてきた。近年はモデルベースの逐次近似法が臨床応用され、早期虚血変化の検出においても有用であると考えられる。テクスチャーの変化による違和感など様々な問題もあるが、検出を容易にする補助ツールとして積極的な応用が望ましいと考える。

2-3. AIS における造影検査の必要性

発症から時間が経過した症例では、灌流評価などで詳細な病態評価が求められる³⁾。AIS における CT 灌流画像の目的は、脳梗塞領域の同定と周囲に拡がる虚血領域の描出である。CT 灌流画像において、脳血液量 (cerebral blood volume: CBV) が低下した領域は脳梗塞領域とみなされる。また、脳血流量 (cerebral blood flow: CBF) が低下した領域は、脳梗塞領域も含んだ血流低下領域とみなされる。両者が一致して低下する領域は脳梗塞領域であるが、CBF が低下しても CBV が保たれる領域、いわゆるミスマッチ領域は、治療によって改善が見込める可逆的な領域とみなされる。この領域は虚血ペナンブラと称され、領域が広いほど治療による予後向上が見込めるとされる。

CT 灌流画像の取得は、造影剤を急速静注した後に一定時間間隔による連続撮影で得られたデータを用いる。そのため、頭部領域の他の CT 検査と比較して相対的に被ばくは多く、GALACTIC⁶⁾では様々なアプローチで被ばく低減を図ることが推奨される。

近年、AIS の病態評価において、CT 灌流画像よりも検査時間が短く、被ばくも少ない CT-Angiography (CTA) が多用される⁸⁾。血栓回収療法の有効性を示した研究では、治療の適応は単純 CT もしくは CTA で決められていた。CTA による病態評価は、健側の中大脳動脈皮質枝の描出に対する患側の描出の程度を観察する。CTA による評価は簡便であり、16 列程度の CT 装置で全脳の評価が可能となるため、多くの施設で施行できる手法と考える。

一方、通常の CTA 後に遅延相を追加する multiphase CTA (MP-CTA) の有用性も多く報告される⁹⁾。AIS の重度な虚血では、健側に比して患側の血行動態は大きく遅延する。MP-CTA では、時間差をもって描出される虚血側の皮質血管について、遅延相で詳細に評価する。虚血側の血管描出において、本数や領域が少ない場合は側副血行路の発達が少ないとみなし、治療によって再開通が得られたとしても予後の大幅な向上が期待しづらいとされる。さらに、遅延相で皮質血管の描出に乏しい領域が中大脳動脈領域に広く観察される場合は予後不良とみなされ、治療の適応が無いとされる。つまり、MP-CTA は 2 相の撮影によって、簡便に AIS の病態評価と予後予測が可能な検査手技であるといえる。

我々は AIS で CT 灌流画像の取得を目的として検査された 42 症例において、連続撮影データの後処理で作成した CTA と遅延相で、MP-CTA による病態評価を検証した。その結果、MP-CTA は CTA よりもより強く脳卒中身体スケールと関連し、AIS の病態評価において特に MP-CTA が有用であることが明らかであった。

3-1. くも膜下出血の病態と治療

くも膜下出血は脳を覆うくも膜下腔への出血であり、85%が脳動脈瘤の破裂に起因する¹⁰⁾。診断の遅れが予後の悪化につながるため、迅速で的確な診断と専門医による治療は強く推奨される¹⁰⁾。病態は重症度について分類され、世界脳神経外科学会連盟（World Federation of Neurosurgical Societies: WFNM）が提唱する WFNM 分類もその一つである。WFNM 分類は意識障害の程度を表す Glasgow Coma Scale と神経学的脱落症状を組み合わせたものであり、最重症であるVまでの5段階でグレード分類される。

治療は開頭によるクリッピング術が一般的に施行される。また、重症例や高齢者、そして形態的にクリッピングが困難な症例においては、脳血管内治療であるコイル塞栓術が施行される。両治療法を比較した大規模試験では、クリッピング術とコイル塞栓術のいずれも可能とされたくも膜下出血患者において、コイル塞栓術の予後がより良好であったことが報告されている¹¹⁾。いずれの治療法においても、動脈瘤の形態や周囲血管の立体的構成が重要な術前情報となる。

3-2. 手術支援画像のための CTA

脳動脈瘤の術前ではCTAでの形態評価が一般的と思われる。CT装置の性能向上によって、高分解能な画像データによる3次元構築が可能になったことが要因と考える。GALACTIC⁸⁾では16列CTでの運用を想定して、頭部3D-CTAでは10秒以下の撮影時間と20秒の造影剤注入時間を推奨している。64列以上のCT装置では撮影時間の短時間化が図れ、付随して造影剤注入時間も短縮可能となる。

頭部3D-CTAにおいて、撮影タイミングの決定にはボーラストラッキング法を用いることが一般的と思われる。ボーラストラッキング法は、任意の位置で造影剤動態を確認可能であるため、患者個々の循環動態に応じて至適な撮影タイミングを決定できる。特にくも膜下出血では、重症度に依存して、頭蓋内圧の亢進と心機能の低下がみられる場合があり、血行動態に大きく影響することが考えられる。したがって、CTAの撮影タイミングの決定において、造影剤動態の的確な把握は必須である。

先に述べたWFNM分類では、重症度の評価において意識障害の程度も加味される。意識障害の要因の一つは頭蓋内圧の亢進であり、くも膜下出血でも出現する身体症状である。平均血圧から頭蓋内圧を差し引くと、脳血流をコントロールする脳灌流圧となるため、頭蓋内圧が亢進すると脳灌流圧が低下して、付随して脳血流も低下する。この場合、頭蓋内血管の造影効果は正常時より低下するため、脳主幹動脈において高いCT値が得られづらい。さらに重症度が高い症例ではたこつぼ型心筋症が併発される場合がある。つまり、心機能が著しく低下した状態であり、心臓からの造影剤の拍出に大きな影響を与える。これらの要因が折り重なって、くも膜下出血において3次元構築用の画像データの取得は難易度を増す。

撮影タイミングの決定において、ボーラストラッキング法は動態把握によって至適撮影タイミングは得られやすいが、主観による経験則に頼らざるをえない面もある。客觀性のあるタイミング決定法としてはテストインジェクション法が挙げられる。一方で、テストインジェクション法は手技が若干煩雑であるため、救急時のひつ迫した状況では導入しづらい事も考えられる。最も望ましいのは、撮影タイミングの決定において客觀性と簡便さを両立した撮影手技であると考える。Test bolus tracking(TBT)法¹²⁾はボーラストラッキング法とテストインジェクション法を組み合わせた撮影手技であり、多くの有用性が報告される。我々の施設では、くも膜下出血の頭部CTAにTBT法を導入している。TBT法ではボーラストラッキング法と比較して、中大脳動脈において高いCT値が得られる傾向であり、3次元画像構築にも有用な撮影手技である。TBT法では血行動態をより詳細に観察して撮影タイミングを決定できるため、造影剤動態において安定してピーク付近での撮影が可能であると推察される。

4.まとめ

“time is brain”というフレーズで表現されるように、脳卒中では発症後から時間の経過とともに神経細胞が失われるため、緊急的な治療介入が不可欠である。至適な画像取得による病態の表示は、的確な病態把握と治療戦略の確立を可能にし、予後の向上にも寄与すると考える。そのためには、疾患の性質を鑑みた撮影手技と条件設定が必要不可欠である。また、救急診療におけるCT検査では、日常的な知識習得の実践があつてこそ理論的な撮影が可能となる。常の備えを怠らずに、時として難易度の高い救急時の撮影で診断と治療支援への価値が高い画像取得を目指し、患者予後向上のために貢献する心を持ち続けたい。

参考文献

- 1) 静注血栓溶解(rt-PA)療法適正治療指針第三版. 日本脳卒中学会脳卒中医療向上・社会保険委員会静注血栓溶解療法指針改訂部会. 2019
- 2) Goyal M, Menon BK, van Zwam WH et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. Lancet; 2016(387): 1723-1731
- 3) 経皮経管的脳血栓回収用機器適正使用指針第3版. 日本脳卒中学会, 日本脳神経外科学会, 日本脳神経血管内治療学会. 2019
- 4) 脳卒中診断ガイドライン2015[追補2017]. 日本脳卒中学会. 2017
- 5) 画像診断ガイドライン2016年版. 日本医学放射線学会. 2016
- 6) X線CT撮影における標準化～GALACTIC～(改訂2版). 日本放射線技術学会. 2015
- 7) 最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定. 医療被ばく研究情報ネットワーク. 2015
- 8) Maas MB, Lev MH, Ay H, et al. Collateral Vessels on CT Angiography Predict Outcome in Acute Ischemic Stroke. Stroke; 2009(40): 3001-3005
- 9) Multiphase CT angiography: A New Tool for the Imaging Triage of Patients with Acute Ischemic Stroke. Radiology; 2015(275): 510-520
- 10) 脳卒中診断ガイドライン2015. 日本脳卒中学会. 2015
- 11) Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. Lancet; 2002(360): 1267-1274
- 12) 山口隆義, 高橋大地. 新しい造影方法であるtest bolus tracking法の開発と, 冠状動脈CT造影検査における有用性について. 日本放射線技術学会誌; 2009(65): 1032-1040

ワークショップ CT

テーマ B：救急診療における CT 検査の役割を再考する

『心大血管救急における CT 撮影技術を再考する』

Reconsideration of CT Imaging Technology in Cardiovascular Emergency

札幌医科大学附属病院

小倉 圭史

1. はじめに

放射線技術学会から 2015 年に発刊された「X 線 CT 撮影における標準化~GALACTIC~改訂 2 版」¹⁾において救急撮影も考慮された循環器領域に対する撮影項目がまとめられた。本ワークショップでは「救急診療」に着目し今一度考える機会を得た。救急診療は日常的な予約業務とは異なるシチュエーション(時間外診療, 当直医師の専門外領域対応, 経皮的心肺補助循環下など通常とは異なる構造動態での CT 撮影等)での業務を遂行しなければならない。2018 年 5 月に日本医療機能評価機構より報告された「救急医療における画像診断に係る死亡例の分析」²⁾では、内因性, 外傷性を問わず緊急性の高い病態「Killer Disease」として、脳梗塞、大動脈解離、肺血栓塞栓症・深部静脈血栓症などを挙げ、これらは見逃すことで治療が遅れ重大な結果に繋がると指摘した。また救急診療では患者の訴えや症候により診療を進める症候学を中心に診察が進められ、根本治療のための原疾患が検索される。救急での主な症候は、意識障害、失神、めまい、頭痛、呼吸困難、喀血、胸痛、腰痛、腰背部痛、嘔吐、下痢、運動障害などであり、これらの症候および臨床検査などから疑われる疾患を診断治療するため画像診断が依頼される。緊急時画像検査を携わる診療放射線技師の役割は大きく、最適な撮影の選択のみならず、診療や治療方針の理解も重要である。本ワークショップでは、緊急時に考慮すべき心大血管疾患である急性大動脈症候群、急性肺血栓塞栓症、急性冠症候群について、病態を理解し CT 撮影の適応および撮影プランについて再考する。

2. 症候と類推される病態

救急診療で経験する主な症候と類推する病態を表 1 に示す。実臨床では症候から複数の病態を類推しなければならず、緊急時画像検査では、疑われる病態を証明するための画像所見のみならず、除外しなければならない病態および画像所見も理解して臨まなければならない。

症候	類推すべき病態
意識障害	脳血管障害、血糖異常、ショック、電解質異常
失神	脳血管障害、大動脈解離、急性冠症候群、肺血栓塞栓症、不整脈
めまい	脳血管障害、出血(貧血)
頭痛	くも膜下出血、脳出血、髄膜炎・脳炎
呼吸困難	気管支喘息、肺炎、間質性肺炎、心不全、緊張性気胸、肺血栓塞栓症、急性冠症候群
胸痛	急性冠症候群、大動脈解離、肺血栓塞栓症、緊張性気胸、特発性食道破裂
腰痛	腹部大動脈破裂、消化管穿孔、絞扼性腸閉塞、上腸間膜動脈塞栓症
腰背部痛	大動脈解離、急性冠症候群、尿路感染症、腸腰筋膿瘍
嘔吐	頭蓋内圧亢進、急性冠症候群、腸閉塞、腎不全

表 1

3. 病態と撮影プランの構築

3-1. 急性大動脈症候群

急性大動脈症候群とは急性大動脈解離および大動脈瘤破裂・切迫破裂の総称であり、発症直後より経時に動的変化を呈する。急性期(発症から2週間)で死亡率が高く、最初の48時間は最もリスクが高い。発症から治療開始までの時間をいかに短縮できるかが救命の鍵となる。

大動脈解離は何らかの原因で、大動脈壁の中膜が二層に剥離し、大動脈の走行に沿ってある長さを持ち二腔になった状態、従来の腔を真腔、新たな腔を偽腔と呼ぶ。大動脈解離の病型は解離の範囲、偽腔の血流状態、病期による分離などがあり、病態の把握や治療方針(内科療法と外科療法)を決定するため画像情報が必要になる。上行大動脈に及ぶ解離(Stanford A型)では心嚢腔内への破裂により心タンポナーデ、大動脈弁閉鎖不全、そして心不全を引き起こす可能性が高く、緊急外科治療の適応となる。また分枝血管の狭窄や偽腔による圧迫・閉塞による臓器虚血(冠動脈(3-10%)、脳血管(3-7%)、脊髄動脈(4%)、腹部内臓動脈(10-20%)、下肢動脈(7-17%)など)を合併する危険性がある。合併症なしでは内科療法の選択、合併症ありでは外科的手術を考慮する。大動脈解離は初期診断にて他の疾患と誤認される頻度が高く、急性冠症候群や急性心膜炎、肺血栓塞栓症、胆嚢炎と診断されてやすく³⁾、診察所見(年齢、体型、血圧差)、血液データ、心電図、超音波検査やCT検査など総合的な情報集約による早期の正確な診断が必要である。

大動脈瘤は全周性に拡張(紡錘状大動脈瘤)または局所的に突出した状態(囊状大動脈瘤)とされる。大動脈瘤の病型は存在部位、瘤の形状、瘤壁の形態、原因により分類され、リスクおよび治療方針も異なる。胸腔、腹腔への破裂を起こすと大量の失血が瞬時に起こり救命の可能性は低いが、縦隔、後腹膜への出血では組織圧が高まることで、一時的な止血が起こり救命の可能性が高まる。主な症状は疼痛、ショック、拍動を伴う腫瘍触知、または圧迫症状である。大動脈瘤の破裂のリスクは形状や発生部位によって異なる。囊状大動脈瘤は紡錘状大動脈瘤よりも破裂リスクが高く、発生部位が上行では6cm、下行では7cm以上、腹部では5.5cm以上を越えると破裂のリスクが急激に上昇し、積極邸に治療が推奨される。明らかな破裂には至っていないものの腹痛や背部痛など臨床症状を呈し、動脈瘤の形状が急激に変化する状態は動脈瘤の破裂が迫っている状態であり切迫破裂と呼ばれる。切迫破裂では、大動脈内腔から壁在血栓もしくは大動脈壁に向かっての出血が起こっている。この新鮮血腫部の壁は脆弱であり、破裂しやすい状況にある。そのため早期の診断および手術適応の判断が求められる。破裂すればほとんどが病院にたどり着く前に死亡するため、救命のためには前駆症状である疼痛、顔面の腫脹・うつ血、嘔声、嚥下困難、喘鳴・呼吸困難、食欲不振・恶心・嘔吐などが見られ場合切迫破裂を強く疑い、画像診断および手術適応を検討する必要がある。

3-2. 急性大動脈症候群に対するCT撮影プラン

CT検査目的は、その存在診断、病態、瘤径、血管外の血腫、胸水および心嚢液の有無について明らかにし、緊急的な外科的治療の適応があるかどうかの判断する⁴⁾。撮影タイミングは非造影および造影早期相、造影後期相を撮影する。急性大動脈症候群での観察すべき画像所見を表2に示す。撮影範囲は、意識障害、失神、片麻痺などの症候が合併する場合は脳梗塞、血管解離などの除外のため頭頸部血管を含む範囲、対麻痺および下肢の血圧低下が認められた場合、下肢を含める。急性心筋梗塞および上行大

動脈解離を疑う場合は心電図同期にて撮影冠動脈起始部および上行大動脈を正確に評価できる手法の選択が必要になる。MPR(Multi-Planar Reformat)による冠状断面や矢状断面を構築が必須であり、弓部大動脈周囲の観察には弓部に沿ったMPR画像が望まれる。

	急性大動脈解離	大動脈破裂・切迫破裂
非造影	内方偏位するする石灰化 偽腔内血腫 Visible flap 心膜腔内出血	壁の石灰化の程度 壁在血栓内の高濃度域
	解離の形態 進展範囲 エントリー / リエントリー	大動脈瘤最大短径 大動脈瘤性状 大動脈瘤と周囲構造物との関係
	臓器虚血	炎症性病変
造影		

表2 急性大動脈症候群での観察すべき画像所見

3-3. 急性肺血栓塞栓症・深部静脈血栓症

急性肺血栓塞栓症(PTE)は肺動脈が血栓塞栓子により閉塞することによって生じる疾患で、その塞栓源の約90%は下肢あるいは骨盤内の静脈で形成された血栓である。これを深部静脈血栓症(DVT)とよび、急性PTEはDVTの合併症ともいえる。突然の呼吸困難、胸痛、頻呼吸、失神、意識障害などの症状が出現する。急性PTEは、急速に出現する肺高血圧や右心負荷、低酸素血、その後心拍出量低下、ショックへと経過する致死性疾患である。心筋梗塞より死亡率が高く(急性PTE:11.9%, 急性心筋梗塞7.3%), できるだけ早急に診断・治療する必要がある。

DVTは静脈閉塞により静脈内圧が上昇し、疼痛や腫脹などの症状を発症する。女性、長期臥床、下肢麻痺、外傷、カテーテル挿入留置例などでリスクが高い。急性PTEに対するCT検査は感度、特異度は共に高く、高リスク群に対する緊急CTは有用であり、さらに血栓が陰性であった場合には診断を否定することができる。同時にDVT評価を行うことが推奨されており、CT検査がもっとも有用性が高い。

3-4. 急性肺血栓塞栓症・深部静脈血栓症に対するCT撮影プラン

急性PTEの臨床的確率が高い場合、Dダイマー検査が陰性でも直接観察できる造影CTなどの画像診断が勧められる⁵⁾。そして臨床的確率が低い場合にはDダイマーが基準値以下であればPTEは否定される。CT検査目的は肺動脈内の塞栓子の証明による確定診断、右心負荷の評価、DVTの検索である。撮影範囲は、胸部から下肢までとし、肺動脈相にて胸部領域、平衡相(造影剤注入約210秒後)にて横隔膜から足関節まで撮影する。下大静脈フィルタ挿入も考慮し、平衡相は腎静脈分岐部を必ず撮影範囲に含める。なお、肺動脈の血栓評価は薄い再構成スライス厚にて行うことが推奨される。さらに冠状断面の構築が必須である。肺動脈内の血栓の有無を観察すると同時に両心室比を計測し、右室拡大の有無を必ず判定する。

3-5. 急性冠症候群

急性冠症候群(ACS)は、冠動脈粥腫の破綻とそれに伴う血栓形成により生じる不安定狭心症と急性心筋梗塞および虚血に基づく心臓突然死という一括した疾患概念である。ACSは急性期の診断・治療の進め方の違いからST上昇ACS(STE-ACS)、非ST上昇ACS(NSTE-ACS)に分類される。2018年に発刊さ

れた急性冠症候群ガイドライン⁶⁾において、STE-ACSと判断された場合には、冠動脈CT検査の適応にはならず、早期の再灌流療法を推奨されている。NSTE-ACSを疑う場合には非心臓疾患、慢性安定性狭心症も考慮しリスク層別化のうち治療方針を決定する。救急にて胸痛で搬入される患者のうち、50%が非心臓疾患であると報告され⁷⁾、ACS以外の疾患も鑑別する必要がある。緊急に診断治療が必要な病態として急性大動脈解離と急性肺血栓塞栓症がある。身体所見の特徴から疾患を推測することは可能であるが、必ずしも診断を確定できない場合は造影CT検査が考慮される。

3-6. 急性冠症候群に対するCT撮影プラン

初期診療にて胸痛の原因が明らかにできなかった場合に、急性大動脈症候群、急性肺血栓塞栓症、急性冠症候群を一度に除外するために位置付けられた撮影方法でトリプルルールアウトと呼ばれる。本撮影は使用装置により様々な撮影方法が行われ、未だ一様の撮影方法は存在しない。冠動脈と肺動脈・大動脈に分けそれぞれ別の造影剤注入にて撮影を行う2回撮影法や造影剤注入法を工夫し一度の造影剤注入で肺動脈・冠動脈・大動脈を濃染させ撮影する1回撮影法などがある。いずれの撮影方法においても、除外診断としては問題ないが、2回撮影法では撮影時間の延長、造影剤量の増加の懸念がある。しかし、最近では低管電圧撮影やDual energy CT撮影にて得られる造影コントラスト向上を利用した造影剤量低減の試みが行われ、さらにはDual energy CT撮影の特性を活かした肺血流灌流画像による肺血栓塞栓症の定量的評価が行われるようになっている。

4.まとめ

本稿では、緊急度の高い心大血管疾患について病態および撮影プランを述べた。不慣れな救急診療においても安定した最適な画像情報を提供することが責務であり、CT装置の性能を活かした撮影プランの構築が必要である。本ワークショップでは実例を挙げながら、初期診療での症候に応じた撮影プランおよび画像構築について報告する。臨床業務に携わる方々に一助となれば幸いです。

参考文献

- 1) 日本放射線技術学会放射線撮影分科会. 放射線医療技術学叢書(27)「X線CT撮影における標準化～GALACTIC～(改訂2版)」. 京都：(社)日本放射線技術学会, 2015.
- 2) 日本医療安全調査機構. 救急医療における画像診断に係る死亡事例の分析. 2019.
- 3) Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, et al. The International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD):new insights into an old disease. JAMA 2000; 283: 897-903.
- 4) Guidelines for Diagnosis and Treatment of Aortic Aneurysm and Aortic Dissection (Circ J 2013; 77: 789-828)
- 5) 佐久間聖仁. 急性肺血栓塞栓症の診断: 今後の方向性. Ther Res 2009; 30: 744-747.
- 6) 急性冠症候群ガイドライン(2018年改訂版)
- 7) Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). Eur Heart J 2018; 39: 119-177.

ワークショップ CT

テーマ B：救急診療における CT 検査の役割を再考する

『急性腹症における CT 検査を再考する』

Reconsider an Examination for CT of the Acute Abdomen

勤医協中央病院

船山 和光

1. はじめに

急性腹症の明確な定義は示されていないが、発症 1 週間以内の急性発症で、手術などの迅速な対応が必要な腹部（胸部等も含む）疾患群を急性腹症とよぶ。急性発症の腹痛は救急外来を受診する患者の 5-10% 程度を占めるとされ¹⁾、比較的その遭遇頻度は高いと考えられる。

急性腹症の頻度を疾患別にみると、Murata らによると、男性で腸管感染症(11.5%)、急性虫垂炎(9.2%)、腸閉塞(9.1%)、腹膜炎(6.4%)、胆石症(6.2%)、憩室炎(4.0%)、胃潰瘍(4.0%)、尿管結石(3.0%)、胃／十二指腸炎(2.8%)、など、女性では腸管感染症(11.0%)、腸閉塞(8.0%)、子宮／卵巣の腫瘍(7.9%)、急性虫垂炎(7.2%)、子宮／卵巣の炎症(6.6%)、腹膜炎(4.8%)、子宮／卵巣の非炎症性疾患(4.0%)、妊娠関連疾患(3.4%)、胆石症(3.3%)、などと報告している²⁾。これら急性腹症を呈する疾患群の診断は画像診断の進歩により比較的容易になってきているとされるが、特に CT 装置の進歩は、それに大きく寄与していると考えられる。急性腹症診療ガイドライン 2015 では、被ばくへの配慮が必要であるものの、すべての急性腹症患者が CT の適応となりうるとしている¹⁾。2015 年に日本放射線技術学会から発行された“X 線 CT撮影における標準化～GALACTIC～(改訂 2 班)”(以下 GALACTIC2015)においても急性腹症における推奨撮影プロトコルが記載されており、臨床の場において広く CT が利用されていることが伺える。

ここでは、比較的頻度が高い急性腹症を呈する疾患の CT 検査について、GLACTIC2015 に記載されている撮影プロトコルを鑑みながら記述する。

2. 急性虫垂炎

急性虫垂炎は緊急手術を要する疾患のなかで最も頻度の高い疾患である³⁾。画像診断、特に CT は negative appendectomy を減少させることができて強く推奨されている³⁾。しかしながら、急性虫垂炎における CT 検査のプロトコルに関して十分なコンセンサスはないのが現状である。単純 CT でも十分な診断が行えるという報告がある一方⁴⁾、造影 CT を加えることで診断感度が上がり、虫垂の同定も容易になるという報告もある⁵⁾ (Fig.1)。スライス厚に関しても明確なものは存在しないが、虫垂の 6mm 以上の腫大が有意な所見と考えると 3mm 程度に設定するのが良いとが考えることもできる。GLACTIC2015 を鑑みてみても明確な

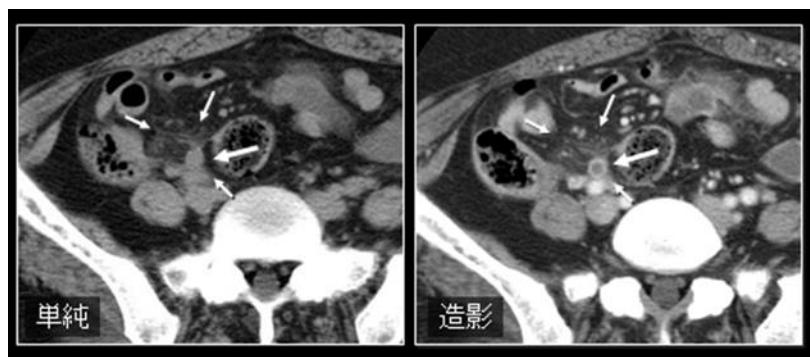


Fig.1 急性虫垂炎

単純 CT でも虫垂炎の診断は可能だが、造影 CT の方がより明らかである。

記載はなく、今後整理していく必要性があると考えられる。

3. 腸閉塞

腸閉塞で絞扼が疑われる場合は、緊急的な処置が必要となることがあり、造影 CT での血流評価が重要となる。また、腸管壁内に血腫がある場合は単純 CT で高吸収を呈することがあり、造影 CT のみでは腸管が造影されていると誤診することがあり、単純 CT も必須となる⁶⁾ (Fig.2)。

これからは、Dual Energy CT のデータからヨードマップ画像を作成することにより、より正確に腸管虚血を評価可能になると考えられる。撮影プロトコルを再考するうえで重要なポイントになるとと考えられる。

言葉の面では、従来、日本ではイレウスを腸閉塞による機械性イレウスと、腸管麻痺に起因する機能性イレウスのいずれをも特に区別することなくイレウスと呼んでいるが、海外では、イレウスとは機能性イレウス(腸管麻痺)のみを示し、従来の機械性イレウスはイレウスとは呼ばず、腸閉塞と呼ばれている¹⁾。現在の GALACTIC2015 でも特に区別なく用いられており、修正する必要があると考えられる。

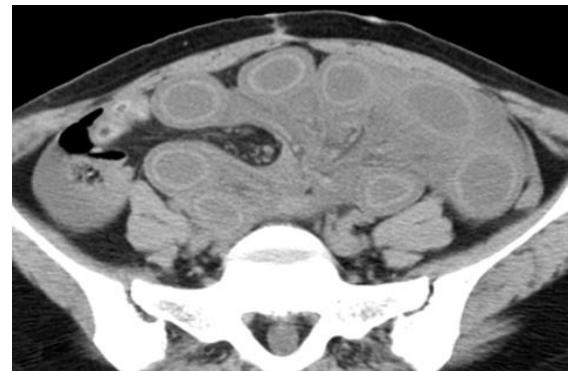


Fig.2 絞扼性腸閉塞(単純 CT)

腸管壁が高吸収を呈している

4. 胆石症・急性胆囊炎

急性胆囊炎は、右上腹部痛を主訴とする比較的頻度の高い疾患である。急性胆囊炎の画像診断は、超音波検査が推奨され CT の診断能は超音波検査に劣るとされている。その役割は、合併症の診断と超音波検査にて診断が困難な場合である⁷⁾。撮影方法としては、可能な限り造影ダイナミック CT で撮影することが推奨されている。急性胆囊炎では造影ダイナミック CT の動脈優位相で胆囊周囲の肝実質が一過性に濃染を示し、この所見は軽度の急性胆囊炎でも認められ、初期症状の最も重要な予測因子であると報告されている⁸⁾ (Fig.3)。当院で急性胆囊炎における動脈優位相の重要性を検討した結果でも、急性胆囊炎の 93.1% の症例に胆囊周囲の肝実質濃染像が認められ重要な所見と考えている。GALACTIC2015 においては明確な記載はなく、今後考慮する必要があると考えられる。

また、胆石症の診断では、Dual Energy CT の活用が期待される。

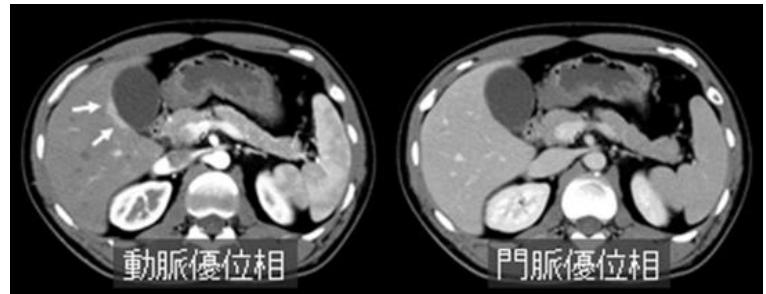


Fig.3 急性胆囊炎

動脈優位相で胆囊周囲肝実質の濃染像が認められる

5. 尿管結石

尿管結石における CT の感度は極めて高く、いわゆる X 線透過性の結石においても十分高吸収として描出される。通常は単純 CT が施行される。近年では、Dual Energy CT を用いて尿酸結晶とカルシウム含有結石を弁別

することが行われている⁹⁾. Dual Energy CTによる結石成分の解析は、尿酸結石に対する結石溶解療法の適用決定などへの応用が期待される。尿管結石のCT撮影を再考するうえでポイントとなると考えられる。

6. おわりに

急性腹症の原因疾患は、多岐にわたるため一つの撮影プロトコルにまとめるのが難しい領域である。また、原因疾患が不明な状態で検査を施行することから、症状別に考えていくのも一つの方法と思われる。そのためには新たなエビデンスの構築必要となってくると考える。

また、今後は Dual Energy CT をして撮影プロトコルを再考する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 急性腹症診療ガイドライン出版委員会. 急性腹症診療ガイドライン 2015
- 2) Murata A, Okamoto K, Mayumi T, et al. Age-Related Differences in Outcomes and Etiologies of Acute Abdominal Pain Based on a National Administrative Database. *Tohoku J.Exp, Med*;2014(233):9-15
- 3) 日本医学放射線学会, 日本放射線科専門医会・医会 編. 画像診断ガイドライン 2013 年版
- 4) Keyzer C, Zalcman M, De Maertelaer V, et al. Comparison of US and unenhanced multi-detector row CT in patients suspected of having acute appendicitis, *Radiology*;2005(236):527-534.
- 5) Chiu YH, Chen JD, Wang SH, et al. Whether intravenous contrast is necessary for CT diagnosis of acute appendicitis in adult ED patients?. *Academic radiology*;2013(20):73-78
- 6) Furukawa A, Kanasaki S, Kono N, et al. CT diagnosis of acute mesenteric ischemia from various causes. *Am J Roentgenol*;2009(192):408-416
- 7) 急性胆管炎・胆嚢炎診療ガイドライン改訂出版委員会. 急性胆管炎・胆嚢炎診療ガイドライン 2013
- 8) Kim YK, Kwak HS, Kim CS, et al. CT findings of mild forms or early manifestations of acute cholecystitis. *Clin Imaging*;2009(33):274-280
- 9) Spek A, Strittmatter F, Graser A, et al. Dual energy can accurately differentiate uric acid-containing urinary calculi from calcium stones; *World J Urol*;2016(34):1297-1302

ワークショップ CT

テーマ B：救急診療における CT 検査の役割を再考する

『外傷 CT 検査を再考する』

Reconsideration of Trauma CT Examination

福山市民病院

三村 尚輝

1. はじめに

1997 年, Löw R¹⁾らにより whole body CT(外傷全身 CT 撮影)が報告され, 従来では予測不可能であった損傷の発見が可能になったことで, 診断能が向上し, 死亡リスクの低減²⁾に寄与できる外傷全身 CT 撮影の有用性が確立されてきた. また, CT 装置の多列化は, 撮影速度を飛躍的に改善させ, 形態診断のみならず質的診断技術も向上し外傷全身 CT 撮影の普及を後押しした. 本邦においても, 2012 年に発行された外傷初期診療ガイドライン JATEC™ 改訂第 4 版(以下 JATEC)へ外傷全身 CT 撮影が紹介され, 2015 年には日本放射線技術学会の「X 線 CT 撮影における標準化～GALACTIC～改訂 2 版(以下 GALACTIC)」に外傷 CT 検査における撮影プロトコル(頭部・顔面外傷, 頸部外傷, 胸腹部外傷, 外傷全身)や撮影上の技術的な工夫が掲載された. しかし, 外傷全身 CT 撮影は撮影領域が身体の広範囲におよび総被ばく線量が多くなる傾向にあり, 近年は生存率に寄与しないという報告もある. したがって, 撮影の適応基準や撮影範囲の設定等の残存する課題をふまえ, 今回は GALACTIC に掲載されている外傷全身 CT 撮影を中心に, その役割と今後の展望について再考する.

2. 外傷全身 CT 撮影の役割と適応基準

外傷全身 CT 撮影の役割は, 高エネルギー外傷に代表される広範囲におよぶ損傷の診断である. 近年は, 三次元画像による形態診断や治療の支援画像としての役割も担い, 救急診療において欠かせないツールになっている. 故に, 外傷全身 CT 撮影の敷居が低くなっている, 受傷起点, 身体所見など他の検査結果をふまえた詳細な適応基準の策定が必要と考える.

3. 撮影範囲の設定

外傷全身 CT 撮影での撮影範囲の設定は, 症例や施設の考え方により大きく異なる. GALACTIC を参考に作成した外傷全身 CT 撮影プロトコルの一例を示す(Fig.1). ①非造影の頭頸部撮影(可変ヘリカルピッチ撮影: SD4 → SD10) ②非造影の胸部～骨盤を撮影(SD11) ③頸部～骨盤の動脈相を撮影(可変ヘリカルピッチ撮影: SD5 → SD10) ④胸部～骨盤(SD10)の平行相の撮影を行う. 撮影条件の異なる範囲を撮影する場合は, 可変ヘリカルピッチ撮影で 1 回の連続した撮影を行い, 撮影機能がない場合撮影範囲を 2 回に分ける Segment 撮影が推奨されている. また, 非造影の撮影範囲は頭部のみ必須とし, 体幹

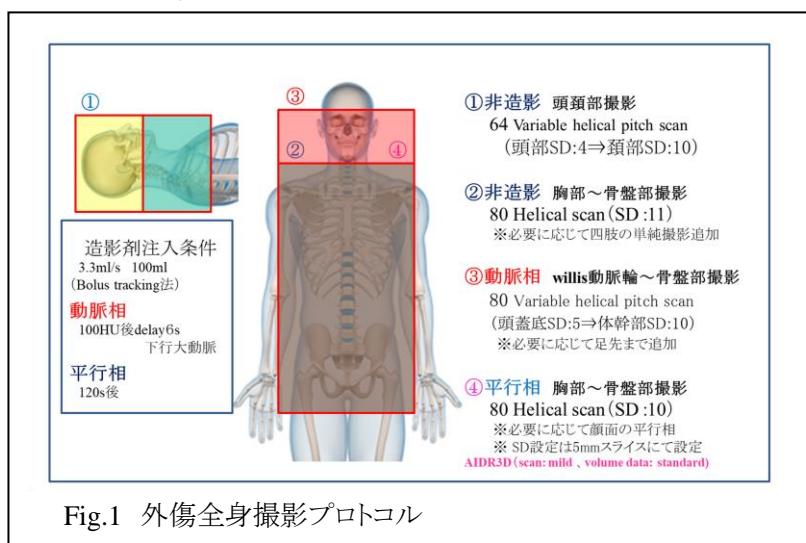


Fig.1 外傷全身撮影プロトコル

部は必ずしも必要ではないが、大半の施設では撮影されているのではないかと思われる。造影は2相撮影(動脈優位相と実質相)が標準とされている。近年では動脈相で鈍的脳血管損傷(blunt cervical vascular injury以下BCVI)の評価を含む撮影範囲が設定されることもある。BCVIの発症率は全鈍的外傷の0.18~2.70%³⁾と低いもののIVRなどの治療の介入も必要であり、動脈相における撮影範囲の設定には細心の注意が必要である。

4. 撮影条件

管電圧 120KVp 管電流 SD10-12(スライス厚 5mm)が推奨撮影条件として掲載されている。近年では造影コントラストの向上を目的とした低管電圧撮影をおこなう施設もある。低管電圧撮影は、被ばく線量や造影剤量の低減もできるため救急領域においても適応が期待される撮影技術である。しかし、撮影時の最適なSD設定や適切な造影剤量など検討が必要である。管電流はCT-AECを使用し最適化をおこなう場合が多いが、バックボードや上肢の位置によってはCT-AECの効果がなく最大管電流で撮影される場合があり設定には注意が必要である。動脈相における撮影開始のタイミングは、ボーラストラッキング法が主流と考えるが、BCVIと腹部臓器の活動性出血を同時に評価するような広範囲の撮影をする場合、また、撮影条件の違う撮影範囲を2回に分けて撮影する場合では、撮影開始の閾値やモニタリングの位置、造影剤注入条件など詳細な検討が必要である。

5. 被ばく線量

外傷全身CT撮影の被ばく線量が多くなる要因としては、撮影範囲の広さ・バックボード固定・上肢含む撮影体位などが挙げられる。宮安らの報告⁴⁾によると外傷全身CT撮影における被ばく線量は、DLPの中央値4723.8mGy·cm、最小値1766.8mGy·cm、最大値12921.8 mGy·cm(Fig.2)であった。症例に応じて撮影範囲が異なるため被ばく線量に差が生じている。2020年DRLsの改訂では外傷全身CT撮影の追加が予定されており、施設間の格差が解消され、より有効的な撮影方法として普及することが期待される。

部位	症例数	最小値 [mGy·cm]	中央値 [mGy·cm]	75% [mGy·cm]	最大値 [mGy·cm]	最大値 /最小値
頭部 & 体幹部 造影	29	1828.00	2732.00	3130.80	6849.00	3.75
頭部 & 体幹部 単純+造影	21	3127.00	4541.70	5295.40	7499.20	2.40
頭頸部一連 & 体幹部 造影	56	1766.80	5919.65	6753.18	11368.00	6.43
頭頸部一連 & 体幹部 単純+造影	19	3366.80	5108.30	7052.75	9564.00	2.84
頭部+頸椎 & 体幹部 造影	13	2322.00	4621.20	6025.50	6677.38	2.88
頭部+頸椎 & 体幹部 単純+造影	37	2379.80	5529.30	7431.64	12921.30	5.43

Fig.2 外傷全身CT撮影における被ばく線量(CTDIvolとDLP)
の実態調査(日本救急撮影技師認定機構HPより抜粋)

6. 新しい技術革新

CT装置の進歩は著しく、多列化だけではなく逐次近似法を中心とした画像再構成技術も挙げられる。逐次近似画像再構成法を用いた被ばく線量の低減、近年ではDeep learningを用いた画像再構成技術も開発され、低

線量により安定した画像の提供が可能となりつつある。また、金属アーチファクトの低減を目的としたアルゴリズムも開発され、以前では評価が難しかった人工骨頭置換術後の骨盤内の評価も可能としている(Fig.3)。しかし、このアルゴリズムは、救急領域で推奨されているチルトヘリカル撮影や可変ヘリカルピッチ撮影との併用ができずメーカーへの改善が求められるところである。

特に新しい技術としては Dual Energy CT(以下 DECT)が挙げられる。DECT では、コントラストの向上や造影剤量の低減を目的とした仮想単色 X 線画像、造影画像から造影剤成分を差し引いて作成する仮想単純 CT 画像が作成できる。この仮想単純 X 線画像があれば、単純 CT 撮影を省け被ばく線量の低減と検査時間の短縮が可能ではないかと考える。通常画像とは別に、診断に補助的な画像の作成ができる DECT は救急撮影領域においても活用が期待される新しい技術である。

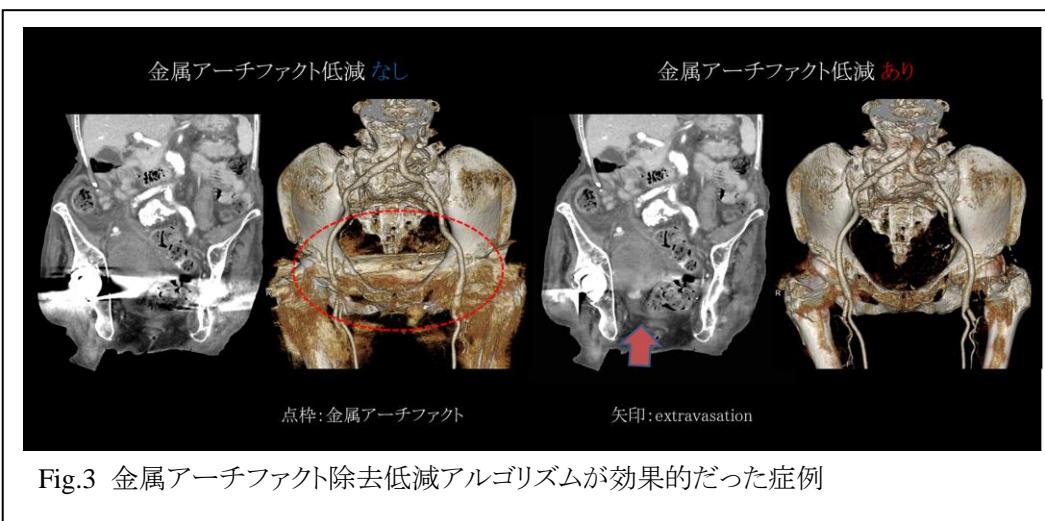


Fig.3 金属アーチファクト除去低減アルゴリズムが効果的だった症例

7.まとめ

外傷 CT 検査は、損傷部位の診断だけではなく IVR や手術などの治療の支援画像の作成を念頭にいれた撮影タイミング、撮影範囲の設定が必要である。JATEC や GALACTIC により標準化がされたことで施設間の格差は解消されつつある。しかし、高エネルギー外傷をはじめとする救急患者は予約検査と異なり必ずしも既存の撮影プロトコルや通常のポジショニングが常に通用するとは限らない。一刻を争う救急診療においてワークフローを妨げることなく救命に必要な画像情報を提供できるように、適応基準の明確化や適切なプロトコルの選択ができることが望まれる。今回のワークショップではこれらの課題について議論ができればと考える。

参考文献

- 1) Löw R, Düber C, Schweden F, et al. Whole body spiral CT in primary diagnosis of patients with multiple trauma in emergency situations. Fortschr Röntgenstr 1997; 166(5): 382-8.
- 2) Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival : A retrospective, multicentre study. Lancet 2009 25 April-1 May; 373(9673): 1455-61.
- 3) 宮安,他.外傷全身 CT 撮影における被ばく線量 (CTDIvol と DLP) の実態調査.日本救急撮影技師認定機構
- 4) Franz RW, Willette PA, Wood ML, et al. A systematic review and meta-analysis of diagnostic screening criteria for blunt cerebrovascular injuries. J Am Coll Surg 2012 Mar; 214(3): 313-27.

ワークショップ ～よりよい撮影技術を求めて～

テーマ A 一般：未来の IVR-CT を問う

『IVR-CT(Angio-CT)はIVRにおける新たなソリューションとなるか？』

Advanced IVR-CT (Angio-CT) as New Solution

座長：大阪市立大学医学部附属病院（撮影部会委員）市田 隆雄

川崎市立川崎病院（撮影部会委員）三宅 博之

1. IVR-CT の全容(総論として)

IVR-CT(angi-CT)による撮像は、腹部領域でのIVRの最適化を戦略的に導く toolとして確立している。本邦初で始まった撮像方法であるが、マシンとしての1号機は1992年に開発されたが、1999年 第58回日本医学放射線学会総会での衛星中継による live symposium企画にて完全に確立されたと考えられる。従前、腫瘍markerや超音波検査診断でHCC(hepatocellular carcinoma)と強く疑われたにも関わらず、angiographyでは腫瘍陰影が確認されないことが散見されていた。その要因は angiography の描出能に限界点があるためであった。当時はいずれの modality よりも angiography が確定診断において最上位に優れると信じられていた時代である。しかしながら、より濃度分解能に優れる CT を用いて、動脈内挿入の catheter 下での造影を行なうことで、CT の performance が新しく示せることが判明した。既存にない概念で、まったく新しい考え方での system 化が IVR-CT であった。

現在は、経済的な効果を高めるべき仕様が登場しているのが現行である。高価な CT を有効に利用する為に、CT と IVR 室を別室として用いる仕様、1台の CT を2台の IVR 室で共有させる仕様がある(Fig.1)。このような IVR-CT についての総復習と今後の未来的展望の開拓が今回話題であった。

その総復習として、静岡県立静岡がんセンター IVR 科の新檜剛先生にご登壇いただいた。新檜先生は1992年の1号機を知る立場の IVR 医で、IVR-CT の歩みと現在の high-end マシンを用いた実際について講話いただいた。cone beam CT(CBCT)と比較しての利点・欠点についても踏み込んだ見解の紹介もいただいた。

IVR-CT の出現の影響で、血行動態的な検討が様々に行われたことが述べられた。下横隔膜動脈に代表される肝外供血路の肝血流への影響、肝動脈の肝内吻合枝の検討、腫瘍の drainage vein の描出、脂肪肝患者の fat spared area における門脈系血行路の観察などからの様々な腫瘍学的検討である。その後、CT 仕様で新たな CT fluoroscopy が更なる分野を発展させたことも言及された。おおよそ死角のない経皮的 drainage ができることで非血管系 IVR が飛躍的に進むきっかけとなる。

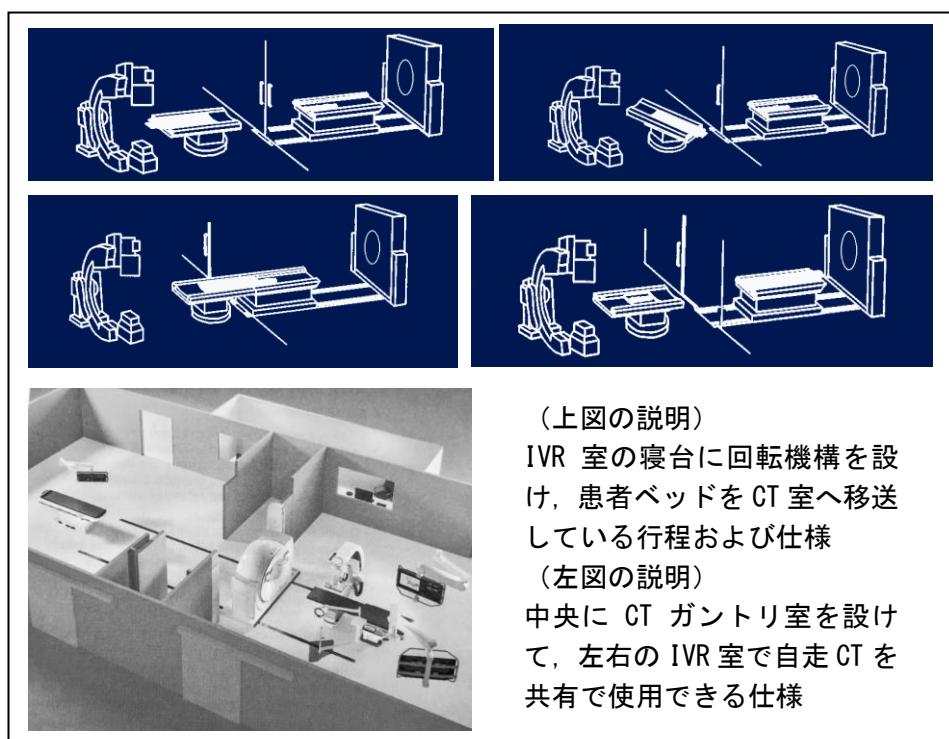


Fig.1 IVR-CT の各種の仕様

今日の多列化 CT に伴った IVR-CT の効能はいっそう洗練されている。多断面の同時描出、高速撮影による real time な 3D 的な正確な情報把握、そして呼吸性の arch fact の影響も軽減した。加えて時間軸を伴う 4D 撮影から立体的な動画撮影も可能となっている。

昨今、CBCT が IVR マシンの一般的な装備になってきており、かつ各種の画像処理技術で画質改善もされできている。しかしながら価格の面を除き、IVR-CT が最適な IVR を追求する上で最も適している modality と論じられた。また同施設で技術的 support をしている伊藤孝宏技師より、上述のさまざまな臨床現場での展開について放射線技術面での解説がされた。特に volume scan を利用した direct MPR の有用性について高く評価されており、最適性及び安全性をいっそう担保するだけでなく、従来では不能であった穿刺をも可能にできることが解説された。

2. 新たなるソリューションとしての期待(各論として)

新たなるソリューションとして、熊本大学病院の坂部大介技師から「非血管系 IVR での活用と防護」、大阪市立大学医学部附属病院の出田真一朗技師から「IVR-CT を用いた下肢動脈 CTA の撮影法-末梢血管での活用」、埼玉医科大学国際医療センターの鈴木英之技師から「頭部領域での活用」、大阪大学医学部附属病院の永吉誠技師から「心臓(冠疾患)治療での活用」、済生会横浜東部病院の稻垣直之技師から「2 ルーム型ハイブリット ER システムの導入経験」がお話をされた。

坂部技師は、非血管系 IVR で多用される CT fluoroscopy に纏わり、合併症の併発を防ぐ technic について放射線技術学的な知見を紹介した。生検と RFA に焦点をあて、患者体位・穿刺経路・呼吸管理における工夫、更にしばしば問題視される被ばくの最適化を取り上げた。重要な key word は医師との連携とされ、技師立場で常に被ばく低減の意識を持つべきことが論じられた。

出田技師は、経静脈的に造影剤を注入する IV-CTA は一般的に多量の造影剤が必要とされ、かつ下肢末梢血管の血流速度に個体差が多いため、最適な撮影に不足が生じる場合があることが述べられた。一方、DSA は血行動態を経時的に観察できるが二次元の画像なので血管壁の性状評価や石灰化の観察は困難であることも示された。そこで IVR-CT の一活用法としての臨床例が示され、足距末梢部までの血管が少量の造影剤で描出される有用性が紹介された。

鈴木技師は、脳神経外科領域で手技全般の安全性を保障するための活用について報告された。頸動脈 stent 留置術の前後での perfusion CT 評価で重篤な合併症の発生を精細に管理していることが紹介された。また脳動脈瘤の手術での balloon 閉塞試験時、血行遮断に伴う神経症状脱落や関係血管を介した cross flow の有無について perfusion CT 評価で客観的に観察できることが示された。また手術中の残存病変の確認、開頭下で直視できない領域の状況確認等でも有用性が高いことが論じられた。

永吉技師は、世界的にも珍しい心臓領域に特化した応用について報告がされた。CTO 治療における device と冠動脈内腔の位置関係の明確化、PCI 時の device 先端の形状の最適化、頻脈性不整脈治療における術前画像と当日画像(IVR-CT での撮像)の対比での精度向上、経皮的中隔心筋焼灼術における中隔枝支配領域の同定、について有用性が示された。そして今後の心臓領域での検討を更に続ける方針が示された。

稻垣技師は、三次救急で高く評価されている着眼点を話された。三次救急への応用は平成 23 年に大阪急性期・総合医療センターにて世界初誕生し、現在で 11 施設が導入されている模様である。診断と治療という 2 つプロセスが俊敏に行なえることの意義について論じられた。重症患者における work flow が著しく時間短縮でき、かつ要員面での集約化も好影響となり生命予後の向上に寄与できることが示された。一般的に 1 室型のマシン設置であるが、当該施設では世界で 2 番目の施設として 2 室型でマシン設置をしている。隣接する 2 室でその間の扉の開閉で双方が連携できる仕様である。CT と IVR マシンを単独で使用できる経済的な効果も示された。

各々の話し手による論述は非常に興味深いものであった。われわれの今後の方向性について、灯台になるべく指標を明確に示してくれたと考える。既に活用している放射線技術を根拠として、更なる最適性の探求にも勤しんでいただきたい。全国の IVR-CT の使用者、これから使用を考えるご施設に大いに参考になった、また CBCT を活用しているご施設においては system としての類別化が明示できたと考える。



ワークショップ ～よりよい撮影技術を求めて～

テーマB CT : Dual Energy CT の臨床応用

『Dual Energy CT の臨床応用 一標準化を目指して～』

座長：国立がん研究センター東病院（撮影部会委員）野村 恵一

藤田医科大学（撮影部会委員）井田 義宏

2019年4月12日に行われた第72回撮影部会(CT)ワークショップでは、「Dual Energy CTの臨床応用 一標準化を目指して～」というテーマで5人の演者の先生にご講演をいただいた。各社から方式の異なる Dual Energy CT の撮影方法やアプリケーションがリリースされているなかで、年々発表される論文数も増えており、Dual Energy CT の注目の高さを伺うことができる。Dual Energy CT をルーチン撮影に落とし込むには、装置特性の把握方法や再現性の高い検査方法が確立された上で、標準化を行うことが望まれている。標準化は撮影方法や解析方法がメーカーによって異なるため、今まで以上に困難な道になるかもしれない。しかし、このワークショップを機に基礎特性や撮影方法の研究が進み、今後 Dual Energy CT が日常的に使用されることで、今まで以上に価値のある画像が臨床に提供されること、そして GALACTIC に Dual Energy CT の記載がなされることを期待している。

会場からの質疑

Q. Material decomposition という単語を使っていてもメーカー間で、原理が異なっているのではないか？

A. メーカが異なる場合は、名称が似たようなものであっても解析方法は異なっている場合がある。標準化の一歩として、まずは用語の統一も必要である。異なる装置メーカーを複数所有している場合もあるので、行われている処理の原理を把握して使用する。

Q. DECT では Low コントラストの描出(特に頭部)での適用は難しい？

A. 第2世代の Dual Energy CT システムでは Low keV 画像のアーチファクトが改善されてきており、コントラスト向上を目的とした Low keV 画像が使用しやすくなってきた。しかし、頭部であり Dual Energy CT の有用性が發揮されないのは論文の少なさが物語っているのではないか。また改善はされているが、Low keV 画像ではノイズの影響が増加してくるため、他の部位に比べて仮想単色画像の特色が生かしにくい現状がある。物質弁別を行えれば、頭部においても Dual Energy CT の使い道はあるが、コントラストが改善しないので、病変を検出できないので、病変部を測定できない現状もある。また Low keV 画像はコントラストの変化に注目しがちであるが、SNR は変わらないことに留意する。

Q. DE の撮影方法の運用について

Philips の CT 装置では通常の 120kV で撮影して、後から DE 处理を行うことができるため特別な撮影方法を必要としない。他社 CT の場合は Dual Energy CT モードで撮影を行う必要がある。Philips ユーザー以外はどのような運用をおこなっているか？

A. 症例によって Dual Energy CT を適応している。DE を日常的に運用していくには、DE の解析ができる技師、読影できる医師が一緒になって症例を検討していく必要がある。その取り組みのなかで、撮影方法や画像処理方法のエビデンスを構築していくことが、今後の画像診断の発展につながっていく。



ワークショップ ～よりよい撮影技術を求めて～

テーマ C MR：より質の高いMRI検査を目指して

『MRI撮像の標準化を目指したパルスシーケンスの再考』

座長：群馬県立県民健康科学大学（撮影部会委員）林 則夫

鳥取大学医学部附属病院 山下栄二郎

近年、画像診断は臨床の現場でその重要性が高まり、われわれ診療放射線技師が撮影する脳神経領域、心臓、乳房、整形領域と多岐にわたる場面で鑑別診断できる画像を求められる。特にMRI検査では、ルーチン検査に加えるべき鑑別診断に必要な画像が必要になるときがある。しかし、MRI検査ではその撮像シーケンスが多く、加えるべき撮像方向、シーケンスに苦慮する場面が多々ある。こんなとき、恵まれた施設では放射線科医の助言をいただき、鑑別診断に持ち込める画像を取得することできるが、このような恵まれた施設ばかりではない。今回の教育講演、ワークショップでは、ルーチン検査から得られた情報に加えて、鑑別診断に向けて撮像すべき、撮像方向や撮像シーケンスをお教えいただける貴重な講演を聞くことができた。

教育講演において帝京大学の豊田圭子先生からは小児を含む脳神経領域におけるMRI検査についてお話をいただき、脳神経領域におけるMRI検査の組み立て方についてご講演いただいた。緊急検査における脳卒中の組み立て方では、ルーチン検査(T2WI, T1WI, FLAIR, DWI)に3DSWIを加えることで、血栓の描出が可能になり、境界領域の情報に加え、脳梗塞、白質脳症や血管炎の原因となるアミロイドアンギオパシーの診断に有用であるとお教えいただいた。日常の脳MRI検査における変性疾患では、矢状断の撮影でペニギンシルエットサインの確認が有効であることなど、臨床症状や身体所見から考える疾患の鑑別診断に必要な撮像方向、シーケンスについてお教えいただいた。

またワークショップでは「MRI撮像の標準化を目指したパルスシーケンスの再考」というテーマで脳神経領域は山下栄二郎先生(鳥取大学医学部附属病院)、心血管領域は森田康祐先生(熊本大学医学部附属病院)、乳腺領域は加藤義明先生(医療法人鉄蕉会 亀田総合病院)、脊椎領域は渋川周平先生(東海大学医学部附属病院)から、撮像の基本的な考え方と代表的な疾患を交えて、推奨される撮像方向やコントラストに加え、鑑別診断に必要な追加撮像方向やシーケンスを紹介していただいた。

【質問1】乳房MRI検査における適切な撮影方向はあるか？

【返答1】ダイナミック撮像では冠状断を採用しているが、これはparallel imagingの無い頃から行っていることと、乳腺の観察方向として正面からのほうが観察しやすかった経緯がある。現在は一般に撮影されている横断像に変えたいが、いまさら変えられない部分がある。また、横断や矢状断の高分解能撮影では片側のみの撮影となっているが、モニターで拡大して見られる利点があると考える。

【質問2】脊髄のニューログラフィーについて描出能以外に細かい違いについてお教えいただきたい。

【返答2】Philipsの装置を数台使っているが、スペックが揃っていないためにスクリーニングはSTIR-DWIで撮影している。3D SHINKEIでは細かいところまで見えるのでスペックが揃えば第一選択にしたい。

【質問3】MSDのVENC設定はどう考えたらよいか？

【返答3】スライドでは紹介したが、フィーダーのパラメーター設定が難しく、安定した画像が得られないため、当

院では使っていない.

【質問 4】大きな病院、小さな病院で同じシーケンスが必要か？

【返答 4-1】病院の大小に関係なく精査レベルが必要ではないかと考える。

【返答 4-2】前の回答に同じ

【返答 4-3】前医の MR 検査を持ち込む場合、比較できないと理由で MR 検査は再度オーダーされることが多い。画像には遜色無いと思う。小さな病院では治療が必要なのかどうかの見通しがあればいいのではないかと考える。

【返答 4-4】病院の大小にかかわらず、ある程度の画質が必要であるが、大きな病院ならではの画質が求められていると考える。

【質問 5】クリニックレベルではシビアな疾患を見つけることが重要であると思うが、そこまで詳細な画像はひとつがないのではないかと考えている。このことについてどう考えるか？

【返答 5-1】大きな病院では治療につながる画像であり、小さな病院では疾患を見つけることが主体と考えている。施設によって撮影方法が変わっても良いと考える。

【返答 5-2】施設によって検査の方向性、質や意義が異なると思われる。どの施設でも同じシーケンスが必要であるが、コントラストが揃っていれば問題ないと考える。

【返答 5-3】求められる目的が施設や患者によって異なると思われる。すべての病院で同じ検査を求めるのは違うと思う。

【返答 5-4】どの施設でも画質はある程度必要だと考える。ルーチン検査でも治療を目的とした施設に分かるような札をするのがよいと思う。

【質問 6】頸椎の前後屈はどのようにしているかおしえてほしい。

【返答 6】体位の保持とスピードを重視して撮影している。脊椎は多チャンネルコイルで撮影するが多いが奥行方向の感度が低下する。今後の CTL コイルの課題と考える。

【質問 7】体位の保持が難しく動く患者に対して体動補正はどうか？

【返答 7】詳しい検討はしていないが、コントラストが低下すると考えるため、体動補正を適用できないと考える。

【座長まとめ】MRI 撮影の標準化は目的や疾患によって変化すると考える、同じ規模の施設であれば、地域が違っても同じ画像を out put できるのが理想である。これは難しい課題であるが、撮影部会を通して可能な範囲で標準化を勧めていきたいと考える。



■ 第73回撮影部会の予定

日時：2020年4月9日（木）～12日（日）
テーマA：「未定」
テーマB：「未定」
テーマC：「未定」

会場：パシフィコ横浜

■ Q&Aコーナー・広場について

撮影部会では、1989年より【Q&Aコーナー】として会員の皆様の質問に答えるコーナーを設けています。専門的、技術的問題のみならず、どんな内容でもご質問下さい。部会委員および経験豊かな会員が責任を持ってお答えします。

【広場】には、会員の皆さんに紹介したい話題を掲載しています。あなたの身の回りの話題や意見などありましたらご連絡下さい。

連絡先 〒600-8107 京都市下京区五条通新町東入東鎌屋町 167
ビューフォート五条烏丸 3階
TEL : 075-354-8989, FAX : 075-352-2556 (もしくは部会委員まで)

■ 撮影部会委員

会長：	中前 光弘 (奈良県立医科大学附属病院)	瓜倉 厚志 (静岡県立静岡がんセンター)
委員：	市田 隆雄 (大阪市立大学医学部附属病院) 金沢 勉 (新潟大学医歯学総合病院) 関 将志 (北里大学病院) 西池 成章 (りんくう総合医療センター) 林 則夫 (群馬県立県民健康科学大学) 山川 仁憲 (東京慈恵会医科大学附属柏病院) 三宅 博之 (川崎市立川崎病院)	小山 智美 (聖路加国際病院) 高木 卓 (千葉市立海浜病院) 野村 恵一 (国立がん研究センター東病院) 山村憲一郎 (大阪医科大学附属病院) 山品 博子 (北海道大学)

●編集後記●

会員の皆様、グランキューブ大阪における秋季学術大会に向けお忙しい日々をお過ごしのことと存じます。今年度より撮影部会長および委員が交代、新しく4名の委員が入り、新撮影部会としての出発となりました。

テーマA[一般]ではテーマを装置管理について取り上げました。教育講演では小田原循環器病院 宮崎茂 先生に、『診断用X線装置管理と日本工業規格（一般・血管・乳房用装置）』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「みんなで考える装置管理」と題して、5名の先生方にご講演していただきます。テーマB[CT]では救急診療について取り上げました。教育講演では大阪府泉州救命救急センター臼井 亮介 先生に、『外傷診療戦略におけるCT』と題してご講演いただきます。ワークショップでは「救急診療におけるCT検査の役割を再考する」と題して、4名の先生方にご講演いただきます。

撮影部会を会員皆様にとって有意義な企画となるように、皆様の活発なディスカッションを期待しています。撮影部会はよりよい撮影技術を求めて会員皆様に情報提供していきたいと考えています。

記：三宅

撮影部会誌 よりよい撮影技術を求めて Vol.27 No.2 通巻73 2019年10月 発行

発行人：中前 光弘

発行所：公益社団法人 日本放射線技術学会

〒600-8107 京都市下京区五条通新町東入東鎌屋町167ビューフォート五条烏丸3階

TEL : 075-354-8989 FAX : 075-352-2556

電子メールアドレス office@jsrt.or.jp

ホームページアドレス <http://www.jsrt.or.jp>