

ISSN 2189-3071

Oct. 2024

# 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.32 No.2 通巻 83

### 第 83 回撮影部会

期日：2024年10月31日（木）～11月3日（日）

場所：沖縄コンベンションセンター

## ■巻頭言

聖路加国際病院（撮影部会委員） 小山 智美（1）

## ■第83回撮影部会 2024年10月31日（木）～11月3日（日） 沖縄コンベンションセンター

### ■学術企画③ ワークショップ

テーマ：一般分科会、画像部会、JART 骨関節撮影分科会 合同企画

ワークショップ 『X線撮影の標準化を考える』

座長：りんくう総合医療センター（撮影部会長） 中前 光弘（2）  
滋慶医療科学大学大学院（骨関節撮影分科会副会長） 安藤 英次

(1) 「股関節X線撮影の現状について」

昭和大学病院（骨関節撮影分科会委員） 菊原 喜高（3）

(2) 「肩関節X線撮影の現状について」

下田メディカルセンター（骨関節撮影分科会委員） 鈴木 義曜（7）

(3) 「撮影システムについて」

北里大学病院（撮影部会委員） 関 将志（11）

(4) 「デジタルラジオグラフィシステムにおける画質と撮影線量の理解」

鈴鹿医療科学大学（画像部会長） 東出 了（14）

### ■学術企画④

テーマ：CT・MR分科会、JART 画像等手術支援分科会 合同企画

司会：千葉市立海浜病院（撮影部会委員） 高木 卓

教育講演 『心臓血管外科領域における手術支援画像の必要性とその実際

～画像構築スキルは、手術成績向上、合併症回避に不可欠なツール～』

講師：琉球大学病院 胸部心臓血管外科学講座 永野 貴昭（17）

ワークショップ 『手術支援画像作成のためにすべきことは』

座長：新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員） 金沢 勉（18）

柏葉脳神経外科病院（画像等手術支援分科会長） 平野 透

(1) 「CT 撮像技術」

国立がん研究センター中央病院（撮影部会委員） 瓜倉 厚志（19）

(2) 「MR 撮像技術」

大阪大学医学部附属病院 垂脇 博之（23）

(3) 「脳神経領域の手術支援」

秋田県立循環器・脳脊髄センター 大村 知己（27）

(4) 「腹部領域の手術支援」

札幌医科大学附属病院 田仲 健朗（29）

## ■第82回撮影部会

テーマA 『血管撮影・MR で求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で』

大阪公立大学医学部附属病院（撮影部会委員） 高尾 由範（32）

テーマB 『Multi energy CT の臨床における有用性を探る』

千葉市立海浜病院（撮影部会委員） 高木 卓（35）

テーマC 『MRI の高速撮像のあゆみ』

新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員） 金沢 勉（37）

## ■お知らせ

「叢書（41）単純X線撮影における品質管理マニュアル」 発刊について

北里大学病院（撮影部会委員） 関 将志（41）

## ■編集後記

## 撮影部会も『ゆいまーる』

聖路加国際病院（撮影部会委員）

小山 智美

3月22日、CM 等でも有名な製薬会社のサプリメントの健康被害が報告されました。現時点(6月末)でも、厚生労働省の指導も含め、まだ調査途中であるとの報道も先日ありました。健康のため有益であると信じていた消費者にとっては、やり切れない思いと感じます。この報道後、サプリメントの売り上げが落ちたとの報道もありました。全体の数値から見れば小さなものと思いますが、信頼を失うということは広い範囲、関連する全体への影響に繋がってしまう一つの例と考えます。薬剤師の友人に「薬学と毒性学は表裏一体である」と聞いたことがありますが、私たちが扱っている放射線も似たような性格があるのではないのでしょうか。リスクを最小限にし、ベネフィットを最大値にすることで放射線を人体に照射できていると思います。私のこの職種の経験年数は撮影部会の歴史(1983年発足)とほぼ重なりますが、働き始めたころはまだ日本人の『被ばく』に対する恐怖・アレルギーは残っていたと感じています。現在、放射線検査が何ら問題なく日常的に行われているのは、学会はじめ諸先輩の放射線検査への信頼醸成の努力の結果だと思います。撮影部会誌の表紙に書かれている『よりよい撮影技術を求めて』は『私たちは常に努力していきたい』との能動的表現として私はとても好きな言葉です。いろんな社会事象を見ながら自分たちに置き換え、基本的な考え方を整理する機会を持たせる事件・報道と感じました。

さて、第83回撮影部会は第1回日本放射線医療技術学術大会という記念すべき学術大会内で開催されます。私自身、委員 20 年目、最後の巻頭言と思っていますが、この記念すべき大会で書かせていただき幸せです。今回のように関連する学会等がコラボすることは、医療の質を上げるためにも価値のあるものと考えます。

私たち技師は医療資源の一部であり、医療資源には人的、物的、財的そして情報と言われていますが、人的に私たちの職種が含まれ、物的には私たちが使用する高額医療機器が含まれます。私たち個々の資質を上げることが高額医療機器の効率的利用も含め、医療資源の価値を高めることができると考えます。撮影部会は診療放射線技師業務のほとんどを占める、一般撮影、血管撮影、消化管撮影、乳房撮影、歯科口腔撮影、骨密度測定、超音波撮影、CT、MRI 等を網羅しており、診療放射線技師の基礎的育成に貢献できていると考えます。一型人材、I 型人材、T 型人材、そして 4 月 JRC でも取り上げられた▽（ナブラ）型人材等々、人材育成に関してはいろいろと言われますが、狭い範囲の専門性という言葉で逃げることなく、私たちが取り扱う可能性のある上記モダリティーに関しては、『通訳』を介さなくても話せる平均値以上の知識をベースとすることが重要であると考えます。一型は『ジェネラリスト』と言われますが、『一』を幅広いものにすること、そしてモダリティー別専門性から医師と同じように部位別、疾病別等の専門性を合わせ持つことで▽型人材に近づくのではないのでしょうか。それが医療資源の最終消費者である患者、受診者のためになると考えます。行動目標にはその評価を確認するために『～～するため』を用いますが、私たち個々の研究、勉強が私たち職種のレベルを上げることに繋がり、医療資源の価値を膨らますことが可能となります。

『助け合う』、『共同作業』、『一緒に頑張ろう』、『ゆいまーる』の意味と聞きました。今学会テーマ『ゆいまーる～診療放射線技術の共創～』、『共創』は私たちの職種のため、最終的には医療資源の最終消費者である患者、受診者の『ため』になることでしょ

### 学術企画③ ワークショップ

JSRT 撮影部会（一般分科会）、画像部会、JART 骨関節撮影分科会 合同企画

## 『X線撮影の標準化を考える』

座長：りんくう総合医療センター（撮影部会長）中前 光弘  
滋慶医療科学大学大学院（骨関節撮影分科会副会長）安藤 英次

公益社団法人日本放射線技術学会 (JSRT) と公益社団法人日本診療放射線技師会 (JART) が、初めて合同学術大会を開催するにあたり、X線撮影に関連する JSRT 撮影部会 (一般分科会)・画像部会と JART 骨関節撮影分科会による合同での学術企画を開催することとなった。

JART 骨関節撮影分科会では、2020年に肩関節撮影の実態調査、2021年に股関節撮影の実態調査、2023年に膝関節撮影の実態調査を実施した。それぞれの調査を通して、撮影方法の名称が統一されていないこと、同じ撮影方法であっても撮影体位が施設によって異なることが報告されている。

JSRT 撮影部会では、2021-2022年度学術研究班として「単純 X線撮影システムの標準化に関する研究 (品質管理マニュアルの構築を目指して)」を実施し、画像の合格基準について、施設間でのばらつきがあること、診療放射線技師個人の経験年数や知識に任せている可能性があることを報告している。

一貫性のある基準や手順を確立することで、施設間や個人間での違いやばらつきを最小限に減らし、画像の品質向上、安定した画像提供、検査を担当する診療放射線技師のスキルアップにつながる。また、撮影条件を設定することは、撮影技術において重要な因子であり、画質と被ばく線量の最適化の観点から検出器の特性を理解することは欠かせない。

そこで、本ワークショップでは、「X線撮影の標準化」について両会員とともに考える場としたい。JART 骨関節撮影分科会には、過去に実施したアンケート調査結果を報告いただく。JSRT 撮影部会には、2021-2022年度学術研究班として「単純 X線撮影システムの標準化に関する研究 (品質管理マニュアルの構築を目指して)」を通して発行した叢書について報告いただく。JSRT 画像部会には、「撮影線量」に関して、画質と被ばくに関連する検出器の感度を含めた画質特性と被ばく線量に関連する撮影条件の設定について DRL を活用した考え方を中心に解説をいただく。

### 学術企画③ ワークショップ『X線撮影の標準化を考えよう』

#### (1)「股関節 X線撮影の現状について」

昭和大学病院 (JART 骨関節撮影分科会委員) 菊原 喜高

#### (2)「肩関節 X線撮影の現状について」

下田メディカルセンター (JART 骨関節撮影分科会委員) 鈴木 義曜

#### (3)「撮影システムについて」

北里大学病院 (JSRT 撮影部会委員, JART 骨関節撮影分科会委員) 関 将志

#### (4)「デジタルラジオグラフィシステムにおける画質と撮影線量の理解」

鈴鹿医療科学大学 (JSRT 画像部会長) 東出 了

総合討論

## 『股関節X線撮影の現状について』

Current Status of Hip Joint Radiography

昭和大学病院（骨関節撮影分科会委員）

菊原喜高

### 1. はじめに

皆様の施設で、股関節正面 X 線画像として撮影している画像で大腿骨近位の描出は Fig.1 「大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン 2021 (改定第 3 版)」<sup>1)</sup>に掲載された画像と比較してどうであろうか。

X 線撮影は大小問わず多くの医療機関で実施されており、簡便に依頼できるため最初に選択される画像検査として位置付けられている。対象部位は多岐にわたり、その撮影方法も様々である。しかし、撮影体位の少しの違いが画像に大きく影響するため、疾患による撮影法の適切な選択と、観察目的に適したポジショニングが重要である。疾患による撮影法の適切な選択に関しては専門医の有無、観察目的に適した正確なポジショニングに関しては、撮影を担当する診療放射線技師の経験や知識が影響しており、不適切なポジショニングは臨床意義も低く、患者の検査時苦痛やストレスなどにつながりかねない。



Fig.1 股関節正面 X 線画像  
大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン 2021 (改定第 3 版)より転載

股関節正面 X 線撮影の肢位について、Fig.1 と同じ画像になる肢位を JART 骨関節撮影分科会としては標準化と再現性担保の観点から、明確なポジショニング指標となる膝蓋骨を用いた中間位（パテラホルン肢位）を基本肢位と推奨している。疾患や撮影目的によってバラつきがある現状を調査するために股関節 X 線撮影に関するアンケート調査<sup>2)</sup>を行った。

### 2. 調査方法

調査期間は 2021 年 9 月 1 日から 10 月 31 日の 2 カ月間。回答方法は、Web 上のアンケートフォームでの多肢選択法。対象は日本診療放射線技師会会員とした。

### 3. 調査内容

調査内容は以下の 6 項目について、多肢選択法および自由記載で行った。

- 1) 回答者の診療環境について
- 2) 股関節正面撮影の撮影肢位について
- 3) 採用撮影法について
- 4) ルーチン撮影について
- 5) 術前・術後撮影について
- 6) 参考文献について

本稿では調査内容 2), 4), 5), 6)について紹介する。  
 該当設問の詳細を以下に示す。

- ① あなたの施設では股関節正面撮影のとき、下肢をどのようにポジショニングしていますか。図(Fig.2)を参考に、お答えください。
- ② あなたの施設では、ルーチン検査として定めた撮影法はありますか。
- ③ ②で「はい」とお答えした方に伺います。そのルーチン検査は外傷疾患、非外傷疾患で使い分けがありますか。
- ④ ③で「いいえ」とお答えした方に伺います。あなたの施設では、股関節のルーチン検査として何方向を撮影していますか。
- ⑤ あなたの施設でルーチン検査として撮影している撮影法を選んでください。
- ⑥ ③で「はい」と答えた方に伺います。外傷疾患に対するルーチン検査として何方向を撮影していますか。
- ⑦ 外傷疾患に対するルーチン検査として撮影している撮影法を選んでください。
- ⑧ ③で「はい」と答えた方に伺います。非外傷疾患に対するルーチン検査として何方向を撮影していますか。
- ⑨ 非外傷疾患に対するルーチン検査として撮影している撮影法を選んでください。
- ⑩ あなたの施設で股関節について骨折治療術「術前」検査として依頼のある撮影法を教えてください。
- ⑪ あなたの施設で股関節について骨折治療術「手術場(閉創後)」検査として依頼のある撮影法を教えてください。
- ⑫ あなたの施設で股関節について骨折治療術「術後(荷重可能期)」経過観察検査として依頼のある撮影法を教えてください。
- ⑬ あなたの施設で股関節について変形性股関節症に対する「術前」検査として依頼のある撮影法を教えてください。
- ⑭ あなたの施設で股関節について変形性股関節症に対する「手術場(閉創後)」検査として依頼のある撮影法を教えてください。
- ⑮ あなたの施設で股関節について変形性股関節症に対する「術後(荷重可能期)」経過観察検査として依頼のある撮影法を教えてください。
- ⑯ 股関節の撮影法で、参考にした文献・書籍があれば、それらの文献名・書籍名をお教えてください。

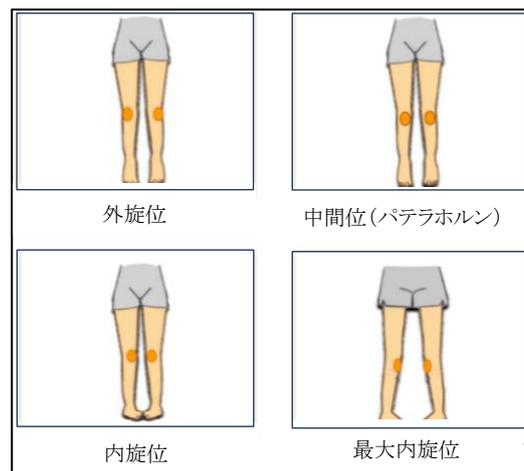


Fig.2 下肢の肢位

#### 4. 結果

Fig.3 に股関節正面撮影時の下肢のポジショニングについての結果を示す。内旋位 63 %、中間位 33 %、最大内旋位 2 %、その他 1 %、何も決めていない 1 %、外旋位 0.2 %であった。股関節正面撮影のポジショニング<sup>3)</sup>に対する回答「その他」の回答内容の一部内容を示す。その都度、医師の指示によって肢位が変化。変形性股関節症術前はパテラホルン肢位、それ以外の外傷、術後などは全て最大内旋位。他にも腹臥位撮影といった回答もあった。

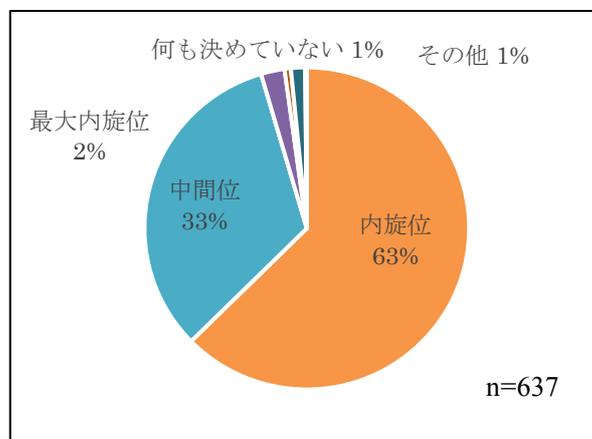


Fig.3 正面撮影時の下肢のポジショニング

ルーチン撮影の有無についての結果(n=637)は、ルーチン撮影が有る施設は76%。その中で外傷と非外傷でルーチン撮影を使い分けている施設は26%であった。

Fig.4 にルーチン撮影を疾患で使い分けていない群について、撮影方向と採用している撮影法の結果を示す。

外傷疾患と非外傷疾患で撮影法を使い分けている施設の撮影方向について。外傷疾患に対するルーチン撮影方向数の結果(n=123)は、1方向2%、2方向88%、3方向8%、4方向以上2%であった。外傷疾患に対するルーチン採用撮影法の結果で、最も回答の多かった2方向の内訳をFig.5に示す。非外傷疾患に対するルーチン撮影方向数の結果(n=123)は、1方向2%、2方向87%、3方向9%、4方向以上2%であった。非外傷疾患

に対するルーチン採用撮影法の結果で、最も回答の多かった2方向の内訳をFig.6に示す。

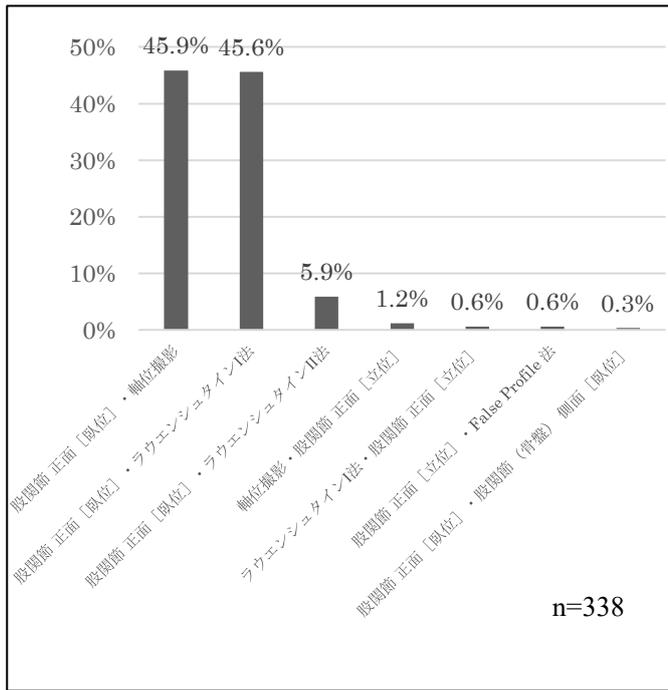


Fig.4 ルーチン2方向 採用撮影法

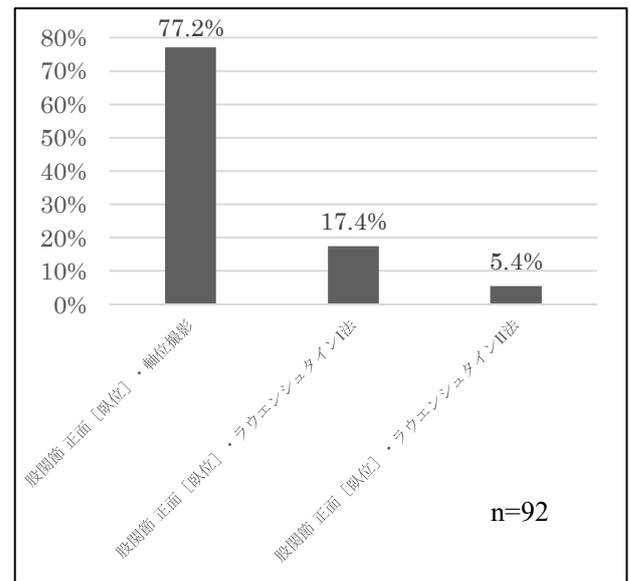


Fig.5 外傷疾患に対するルーチン2方向 採用撮影法

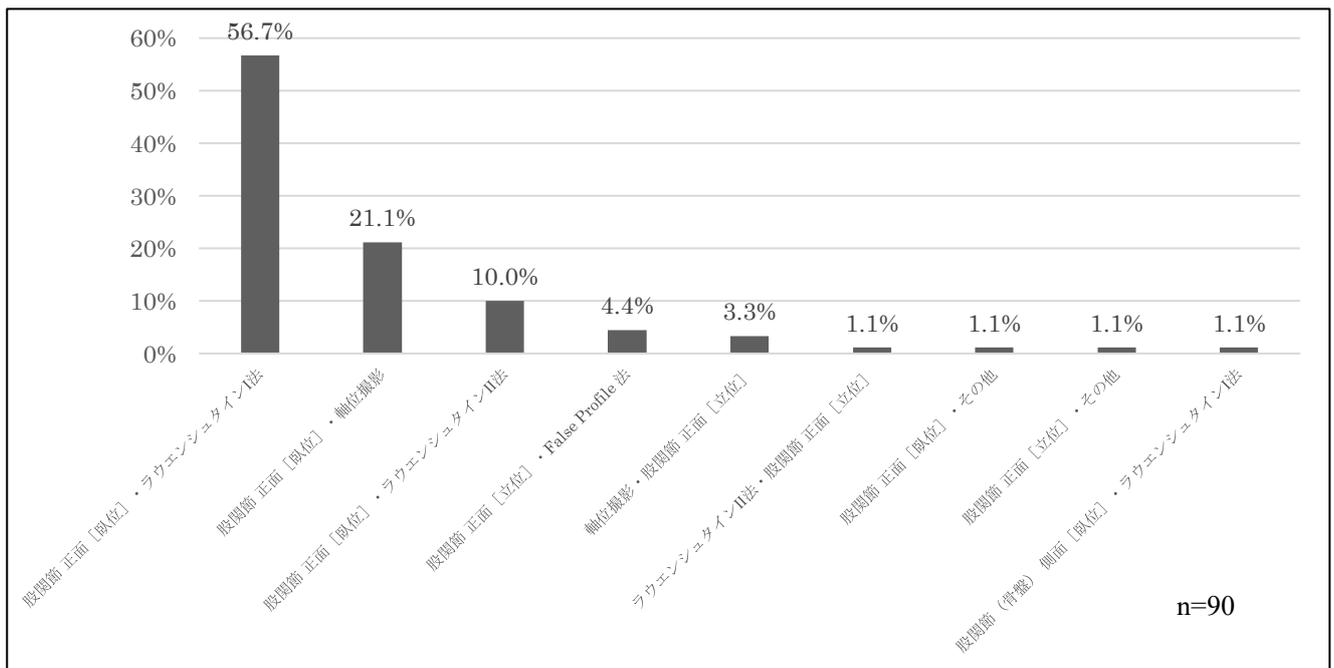


Fig.6 非外傷疾患に対するルーチン2方向 採用撮影法

術前・術場・術後撮影依頼の有無の結果を示す(n=279). はい 68%, いいえ 32%であった.

骨折治療術における術前撮影法について, 回答のあった全ての股関節 X 線撮影法とその採用率を示す(n=548). 股関節正面[臥位]91. 1%, 軸位撮影 59. 3%, ラウエンシュタイン I 法 37. 0%, 計測またはテンプレート用撮影 23. 0%, 下肢長尺撮影 8. 8%, ラウエンシュタイン II 法 7. 3%, 股関節正面[立位]4. 9%, False Profile 法 1. 3%, 股関節(骨盤)側面[立位]0. 9%, 股関節(骨盤)側面[臥位]0. 5%, その他 10. 0%であった.

骨折治療術における手術場(閉創後)撮影法について, 回答のあった全ての股関節 X 線撮影法とその採用率を示す(n=548). 股関節正面[臥位]89. 2%, 軸位撮影 60. 0%, ラウエンシュタイン I 法 31. 0%, ラウエンシュタイン II 法 6. 8%, 股関節(骨盤)側面[臥位] 1. 1%, その他 10. 9%であった.

骨折治療術における「術後(荷重可能期)」経過観察の撮影法について, 回答のあった全ての股関節 X 線撮影法とその採用率を示す(n=548). 股関節正面[臥位]91. 1%, 軸位撮影 57. 7%, ラウエンシュタイン I 法 45. 1%, ラウエンシュタイン II 法 9. 1%, 股関節正面[立位]8. 4%, 下肢長尺撮影 5. 3%, 股関節(骨盤)側面[臥位]1. 1%, 股関節(骨盤)側面[立位]0. 9%, 計測またはテンプレート用撮影 0. 7%, False Profile 法 0. 7%, その他 7. 8%であった.

変形性股関節症に対する「術前」の依頼撮影法について, 回答のあった全ての股関節 X 線撮影法とその採用率を示す(n=548). 股関節正面[臥位]90. 1%, ラウエンシュタイン I 法 50. 9%, 軸位撮影 46. 4%, 下肢長尺撮影 25. 0%, 股関節正面[立位]18. 2%, ラウエンシュタイン II 法 11. 1%, 計測またはテンプレート用撮影 16. 2%, 股関節(骨盤)側面[臥位]2. 2%, False Profile 法 4. 9%, 股関節(骨盤)側面[立位]4. 2%, その他 12. 8%であった.

変形性股関節症に対する「手術場(閉創後)」の依頼撮影法について, 回答のあった全ての股関節 X 線撮影法とその採用率を示す(n=548). 股関節正面[臥位]88. 3%, 軸位撮影 51. 3%, ラウエンシュタイン I 法 31. 2%, ラウエンシュタイン II 法 7. 7%, 股関節(骨盤)側面[臥位]0. 7%, その他 12. 0%であった.

変形性股関節症に対する「術後(荷重可能期)」経過観察の依頼撮影法について, 回答のあった全ての股関節 X 線撮影法とその採用率を示す(n=548). 股関節正面[臥位]89. 8%, 軸位撮影 50. 0%, ラウエンシュタイン I 法 48. 5%, 股関節正面[立位]13. 3%, 下肢長尺撮影 11. 7%, ラウエンシュタイン II 法 10. 0%, False Profile 法 2. 2%, 股関節(骨盤)側面[立位] 1. 5%, 計測またはテンプレート用撮影 1. 1%, 股関節(骨盤)側面[臥位] 0. 7%, その他 8. 9%であった.

参考文献・書籍に関する回答 (n=165) 結果で, 書籍として最も多かったのは, 「堀尾重治著書の「骨・関節 X 線写真の撮りかたと見かた」(n=38)と, 次に安藤英次著書の『図解 骨盤・股関節撮影法』(n=31)であった.

## 5. おわりに

アンケートから得られた股関節 X 線撮影の現状について結果の一部を紹介させていただいた. 各施設により採用する撮り方や考え方が様々あり, 基本の正面ポジショニングの肢位であってもバラツキが認められる. 今後の股関節 X 線撮影標準化に向けて, より良い撮影法を選択できる基準を示していければと考える.

## 参考文献

- 1) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会 大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン策定委員会:大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン 2021(改訂第3版); 南江堂. 2021. 45-48.
- 2) 鈴木義曜, 関将志, 筑後孝夫, 他. 股関節 X 線撮影法に関するアンケート調査報告. 日本診療放射線技師会誌;2023. Vol. 70 . 427-434
- 3) 高倉義典, 安藤英次: (3刷) 骨盤・股関節撮影法. オーム社;2023. 93-102

## 『肩関節X線撮影の現状について』

Current Status of Shoulder Joint Radiography

下田メディカルセンター（骨関節撮影分科会委員）

鈴木義曜

### 1. はじめに

突然だが「肩関節正面 X 線画像は？」と問われ、皆様がイメージするのは Fig.1 に示す画像のどれだろうか。



Fig.1 肩関節正面 X 線画像

X 線撮影検査は簡便でその情報量も多いことから多くの医療機関で実施されている。しかし、その撮影方法は被写体の体位や肢位および X 線束の入射角により変更するため様々であり、撮影方法の名称も多数存在する。恐らく冒頭の問いかけに対する回答にもバラツキがみられることだろう。そのような日本国内の現状を把握することを目的として日本診療放射線技師会 骨関節撮影分科会では、肩関節の X 線撮影についてアンケート調査を実施した。これにより肩関節 X 線撮影の種類および採用撮影法や具体的なポジショニング、撮影法に対する認識の違いなど国内動向の現状を把握することが出来たので紹介する。自施設の撮影法と比較しながら見ていただきたい。

### 2. 調査方法

調査期間は 2020 年 9 月 1 日から 11 月 30 日の 3 カ月間。回答方法は、Web 上のアンケートフォームでの多肢選択法。対象は日本診療放射線技師会会員とした。同施設からの複数回答は年長者の回答を優先し単一回答に修正し解析を行った。

### 3. 調査内容

調査は以下 6 つの大項目について実施した。

- 1)回答者の診療環境
- 2)施設で採用している肩関節 X 線撮影法の種類について
- 3)ルーチン撮影について
- 4)疾患別撮影法について
- 5)撮影法ごとのポジショニング詳細について

6)参考文献について

本稿では調査内容 2), 5)のうち実際に利用されている撮影法の種類や具体的なポジショニングについて提示する。該当設問と回答選択肢の詳細を以下に示す。

- ① あなたの施設で採用している撮影法をすべて選んでください。  
 [正面/正面（内旋位）/正面（外旋位）/Y-view/軸位/ゼロポジション/烏口突起撮影/West Point 法 /Apical Oblique View/その他]
- ② あなたの施設では、肩関節正面撮影のとき、体幹をどのようにポジショニングしていますか。  
 [正面/第1関節正面に合わせた検側斜位/検側斜位 30° で統一/その他]
- ③ あなたの施設では、肩関節正面撮影のとき、検側上肢をどのようにポジショニングしていますか。  
 [自然下垂/肘関節を進展し、手掌を X 線管焦点側に向ける/肘関節を 90° 屈曲し、手掌を上に向けて前腕軸を X 線焦点に向ける/肘関節 90° 屈曲し、前腕は回内回外なし、肩関節内外旋、内外転のない中間位/肘関節を屈曲し、手掌を腹部に付ける（内旋位）/肘関節を屈曲し、前腕軸を外側に向ける（外旋位）/その他]
- ④ あなたの施設では、肩関節正面撮影のとき、X 線入射角はどうしていますか。  
 [一律水平入射（ストレート）/一律頭尾方向 15° 入射/一律頭尾方向 20° 入射/一律頭尾方向 25° 入射/一律頭尾方向 30° 入射/肩峰の角度に合わせて頭尾方向に入射/その他]
- ⑤ あなたの施設では、肩関節 Y-view 撮影のとき、上腕の位置をどのようにポジショニングしていますか。  
 [上腕自然下垂/上腕を非検側に避ける/上腕を後方に引く、または手を腰に当てる/特に決めていない]
- ⑥ あなたの施設では、肩関節 Y-view 撮影のとき、X 線入射角はどうしていますか。  
 [一律水平入射（ストレート）/一律頭尾方向 10° 入射/一律頭尾方向 15° 入射/一律頭尾方向 20° 入射/一律頭尾方向 25° 入射/正面撮影から入射角度を決定/その他]

4. 結果

Fig.2 に「施設で採用している撮影法」の結果を示す。基本となる正面、側面にあたる Y-View、軸位の採用施設が多い。加えて烏口突起撮影や Westpoint など特殊な撮影を採用している施設も確実にあることが分かる。次に Fig.3 に「正面撮影時の体幹ポジショニング」の結果を示す。第1関節正面に合わせた検側斜位が最も多く、検側 30° 固定と合わせると斜位が7割を占めていた。

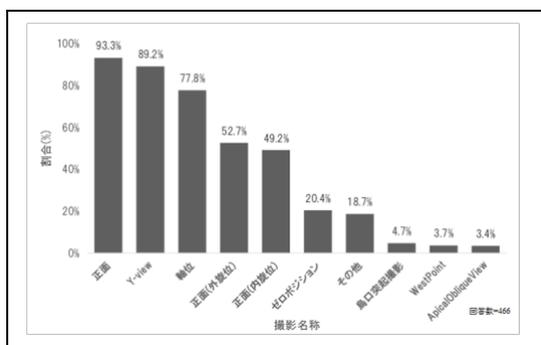


Fig.2 採用している撮影法について

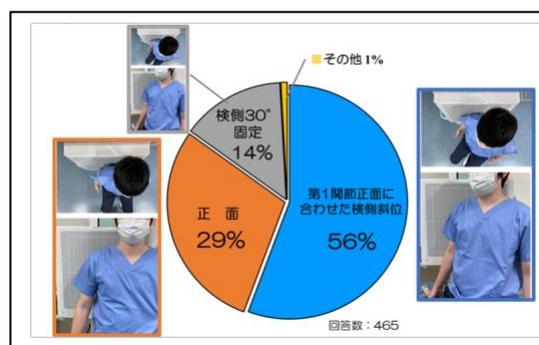


Fig.3 正面撮影時の体幹ポジショニング

続いて Fig.4 に「正面撮影時の検側上肢ポジショニング」の結果を示す。肘関節を進展 90° 屈曲し、手掌を上に向けて前腕軸を X 線管焦点側に向けるが最も多いものの、全体としてバラツキを認める結果となった。次に Fig.5 に「正面撮影時の X 線入射角」の結果を示す。最も多かったのは一律頭尾方向 20° 入射 38%、次に一律水平入射が 27% で 2 番目に多い結果となった。

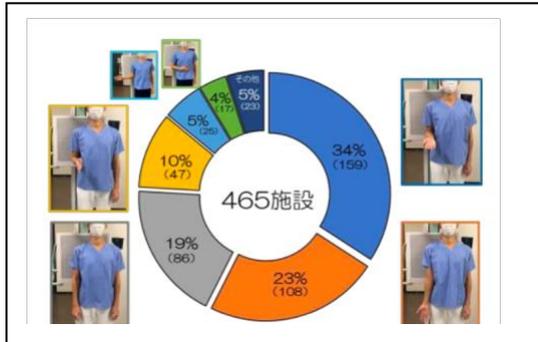


Fig.4 正面撮影時の上肢ポジショニング

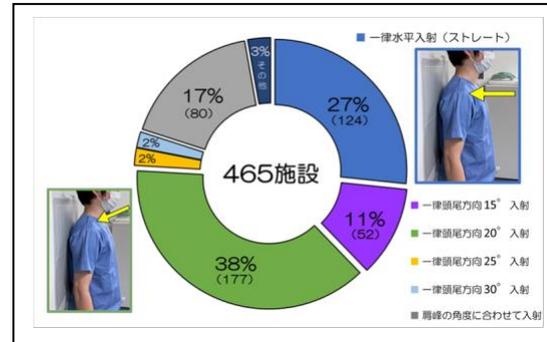


Fig.5 正面撮影時の X 線入射角

続いて「肩関節 Y-view 撮影時の上肢ポジショニング」についての結果を Fig.6 に示す。上腕自然下垂が 59% と最も多く、次に 35% で上腕を非検側に避けるであった。最後に「肩関節 Y-view 撮影時の X 線入射角」の結果を Fig.7 に示す。一律頭尾方向 20° 入射が 38% と最も多く、次に一律水平入射が 27% であった。

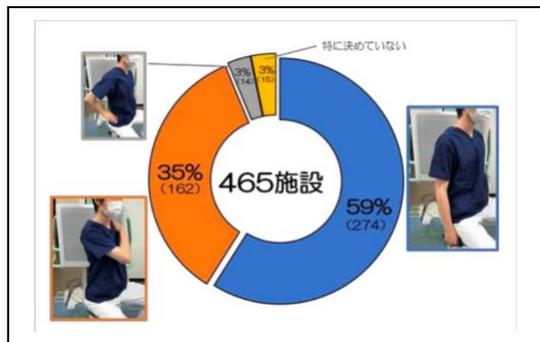


Fig.6 Y-View 撮影時の上肢ポジショニング

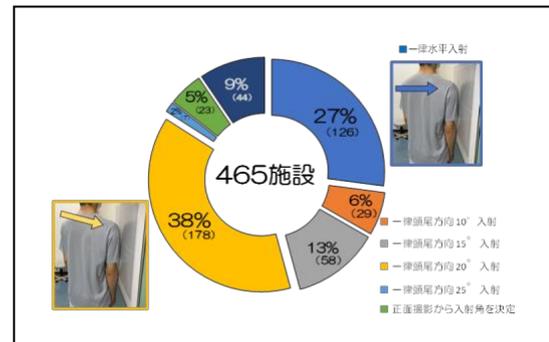


Fig.7 Y-View 撮影時の X 線入射角

## 5. 撮影法の分類

はじめに正面と側面の撮影法を高倉、安藤ら<sup>1)</sup>の書籍を参考に 3 つに分類した。正面撮影法は Fig.8 に示すよう①体幹正面に水平入射を「AP-View」、②肩甲上腕関節間隙が観察できる斜位に水平入射を「True AP」、③肩甲上腕関節間隙が観察できる斜位に頭尾入射を「True AP CC」。次に側面撮影法は Fig.9 に示すよう、①上肢下垂位に水平入射を「True lateral view」、②上肢下垂位に頭尾入射を「Supraspinatus Outlet View」、③入射角に関わらず上腕を避けた撮影を「Scapula Y」とした。

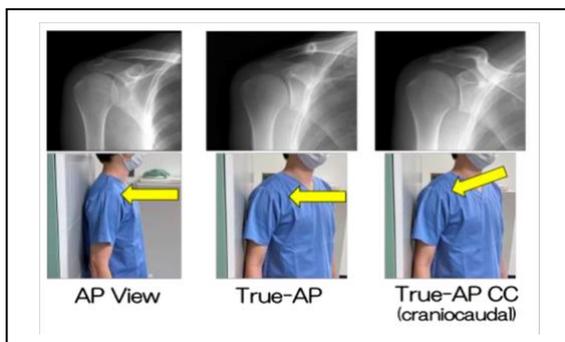


Fig.8 正面撮影法

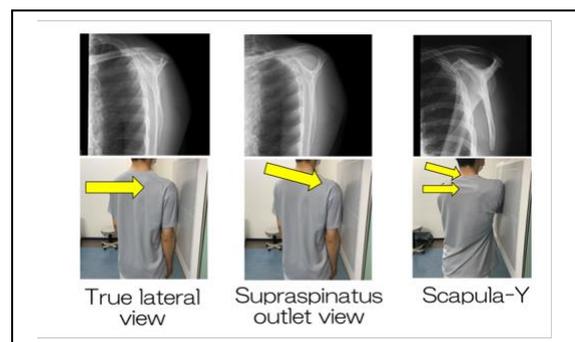


Fig.9 側面撮影法

得られた結果より正面体幹ポジショニングを「正面」群と肩甲上腕関節描出目的と考えられる「斜位」群に分け、さらに X 線入射角について「一律水平入射」群と肩峰下腔描出目的と考えられる「頭尾入射」群に分け Fig.8 に沿って正面撮影法を分類した結果を Fig.10 に示す。これより国内で用いられている肩関節正面撮影法は定義した 3 つの方法に加え、体幹正面に対して頭尾入射する 4 つの方法に分類された。採用率は True AP CC が最も多く 66%、次に 23%で AP-View が多い結果となった。この結果より「肩関節正面」という名称に対し、施設で採用している撮影法が異なる。または名称に対する撮影方法の認識が診療放射線技師ごとに異なることが示唆された。同様に側面撮影法についても入射角を「水平入射」群と「頭尾入射」群に分け、さらに上肢肢位を「下垂位」群と「上腕を避ける」群に分け Fig.9 に沿って撮影法を分類した結果を Fig.11 に示す。

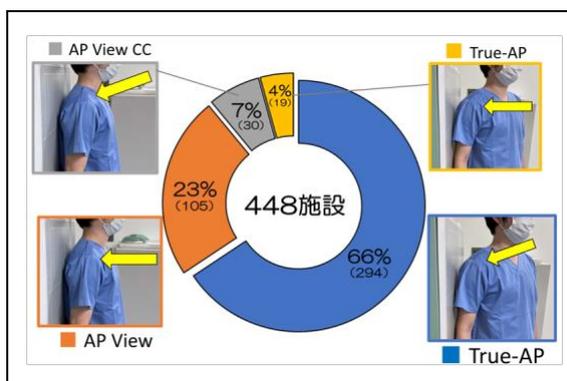


Fig.10 正面撮影法の分類

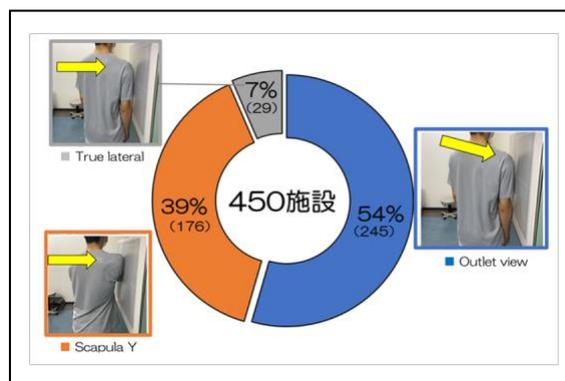


Fig.11 側面撮影法の分類

分類結果から国内で用いられている肩関節側面撮影法は 3 つに分けられ Supraspinatus Outlet View が最も多く 54%、次に 39%で Scapula Y が多く利用されている結果となった。側面撮影法に関しても施設ごとの採用、もしくは診療放射線技師による認識の違いが示唆された。

## 5. おわりに

アンケート結果から得られた国内の肩関節 X 線撮影の現状を紹介させていただいた。一括りに肩関節正面と言っても体幹・上肢のポジショニングと入射角は各施設によって様々であり、撮影法に対する認識の違いが認められた。油原ら<sup>2)</sup>の報告にもあるが、現状では肩関節の X 線撮影法の名称が何種類も存在し、診療放射線技師間で共通認識がはかれないことは問題である。今後、全国で共用する撮影名称の統一に向けた取り組みが必要ではないだろうか。

## 参考文献

- 1) 高倉義典, 安藤英次: 図解 上肢撮影法. オーム社; 2011. 7-30
- 2) 油原 俊之, 筑後 孝夫, 関 将志, 他. 肩関節 X 線撮影法に関するアンケート調査報告—採用している撮影法の種類. 日本診療放射線技師会誌; 2022. vol. 69: 1194-1203

## 『撮影システムについて』

Regarding the Radiology System

北里大学病院（撮影部会委員）

関 将志

### 1. はじめに

診療に最適な X 線画像を提供するには、安全で精度の高い X 線撮影システムや診療に適した画像情報の提供が重要である。ここで言う X 線撮影システムとは、患者の呼び入れから画像提供までの全過程を指しており、その質を担保するために「装置の品質管理」、「撮影技術の標準化」、「撮影画像の品質管理」を考える必要がある。そのうち「撮影技術の標準化」に関しては、すでに撮影方法に関する多くの文献があり、撮影技術の向上や標準化に向けた研究が進められている。一方で、「装置の品質管理」に関しては、2015 年に実施した宮園らの調査で、98.4%の施設で始業点検、終業点検が行われているものの、不変性試験あるいは定期点検の実施は 74.1%の施設にとどまっていると報告されており<sup>1)</sup>、装置の品質管理が今後の課題だと考えられる。また、「撮影画像の品質管理」に関して、新田らが 2000 年に撮影画像を確認するための検像システムを構築した<sup>2)</sup>。現在、画像の確定に関するガイドライン<sup>3)</sup>は策定されているが、診療に適した画像であるかを判断する検像作業に関するガイドラインやマニュアルは存在しない。そのため、明確な画像の合格基準があいまいであり、診療放射線技師個人の経験年数や知識によって合格基準や再撮影の判断基準にばらつきが生じていることが懸念される。

本稿では、「装置の品質管理」、「撮影技術の標準化」、「撮影画像の品質管理」の観点から X 線撮影の標準化について考えたい。

### 2. 学術研究班としての取り組み

過去を振り返ると、日本放射線技術学会では、1988 年に全てのモダリティを対象とした放射線医療技術学叢書(1)「放射線技術 QC プログラム」が、装置の品質管理から画像提供までを含んだ総合的な品質管理マニュアルとして発刊された。しかし、現在廃版となっている。これは、撮影装置の進化によって多くの情報が診療へ提供できるようになり、モダリティに特化した QA・QC プログラムが必要となったためであると考えられる。2024 年現在、CT や乳房撮影、核医学分野での QA・QC プログラムは整備されているが、単純 X 線撮影分野での QA・QC プログラムは整備されていない。

そこで、「単純 X 線撮影システムの標準化に関する研究(品質管理マニュアルの構築を目指して)」をテーマに 2021-2022 年度学術研究班として活動した。

本研究班で実施した画像の合格基準を含めた単純 X 線撮影の品質管理についての実態調査では、画像の合格基準について、80%以上の施設で「合格基準がある」と回答していたが、「合格基準がある」と回答した施設の中で、「施設として統一した合格基準がある」と回答したのは約 50%であり、「検像担当技師あるいは撮影担当技師にまかせている」と回答したのが約 50%であった。また、画像の合格基準の決定方法については、「先輩から教わったため、明確な理由はわからない」が約 25%、「診療科と相談して決定した」が約 45%、「文献より決定した」が約 30%であった。約 25%の施設で画像の合格基準が「先輩から教えてもらったため明確な理由がわからない」と回答していることから画像の合格基準が施設内であいまいとなっていることが推察された。調査結果より、

画像の合格基準が施設間で異なること、診療放射線技師個人の経験年数や知識に任せている可能性があることが推察され、施設内での画像の合格基準の整備が急務であると感じた。

また、装置の品質管理について、始業点検では、装置の動作確認を約 90%の施設で行っていたが、X 線管のエイジングを行っている施設は約 75%、画像アーチファクトの有無を行っている施設は約 50%という結果であった。終業点検については、動作確認による不具合確認を行なっている施設は約 40%程度であった。定期点検については、メーカーに依頼している施設が約 60%と多かったが、各点検項目の実施率が悪く、点検内容を把握している施設が少ないことが示唆された。

そこで、本研究班では単純 X 線撮影に特化した QA・QC プログラムである放射線医療技術学叢書(41)「単純 X 線撮影における品質管理マニュアル」を作成し、2024 年 8 月に発刊した。

### 3. 放射線医療技術学叢書(41)「単純 X 線撮影における品質管理マニュアル」について

本書は「単純 X 線撮影システムの概要」、「画像の合格基準」、「装置管理」の 3 部構成となっている (Fig.1~4)。

「単純 X 線撮影システムの概要」では、患者の呼び入れから画像提供までの全過程について概要が述べられており、「X 線撮影システム」、「撮影技術」、「画像情報の確定」について品質管理の観点から基本的な考え方を解説している。

「画像の合格基準」では撮影体位、撮像範囲、画像処理、チェックポイント、留意事項から構成されており、さまざまな撮影部位について標準的な撮影方法および画像のチェックポイントについて記載した。留意事項等に施設ごとの取り決めを追記することで、マニュアルとしても使用できる作りとなっている。また、白紙のページを数枚用意した。施設で採用されている特殊な撮影方法について記載するなど、唯一無二のマニュアルとして活用いただきたい。



Fig.1 表紙

「装置管理」では、X 線撮影システムの品質管理に必要な規格について解説した。受入試験から日常管理まで幅広い内容となっており、X 線撮影の標準化を考えるうえで「装置管理」は重要な課題である。

単純 X 線撮影システムの品質管理マニュアル	
目次	
発行にあたって	読者の方へ
本書のめざすところ	編集者
第 1 章 単純 X 線撮影システム (中略)	1
第 2 章 画像の合格基準	15
2-1-1 撮影	16
2-1-2 画像処理	18
2-1-3 検査	25
2-1-4 検査	25
2-1-5 検査	25
2-1-6 検査	25
2-1-7 検査	25
2-1-8 検査	25
2-1-9 検査	25
2-1-10 検査	25
2-1-11 検査	25
2-1-12 検査	25
2-1-13 検査	25
2-1-14 検査	25
2-1-15 検査	25
2-1-16 検査	25
2-1-17 検査	25
2-1-18 検査	25
2-1-19 検査	25
2-1-20 検査	25
2-1-21 検査	25
2-1-22 検査	25
2-1-23 検査	25
2-1-24 検査	25
2-1-25 検査	25
2-1-26 検査	25
2-1-27 検査	25
2-1-28 検査	25
2-1-29 検査	25
2-1-30 検査	25
2-1-31 検査	25
2-1-32 検査	25
2-1-33 検査	25
2-1-34 検査	25
2-1-35 検査	25
2-1-36 検査	25
2-1-37 検査	25
2-1-38 検査	25
2-1-39 検査	25
2-1-40 検査	25
2-1-41 検査	25
2-1-42 検査	25
2-1-43 検査	25
2-1-44 検査	25
2-1-45 検査	25
2-1-46 検査	25
2-1-47 検査	25
2-1-48 検査	25
2-1-49 検査	25
2-1-50 検査	25
2-1-51 検査	25
2-1-52 検査	25
2-1-53 検査	25
2-1-54 検査	25
2-1-55 検査	25
2-1-56 検査	25
2-1-57 検査	25
2-1-58 検査	25
2-1-59 検査	25
2-1-60 検査	25
2-1-61 検査	25
2-1-62 検査	25
2-1-63 検査	25
2-1-64 検査	25
2-1-65 検査	25
2-1-66 検査	25
2-1-67 検査	25
2-1-68 検査	25
2-1-69 検査	25
2-1-70 検査	25
2-1-71 検査	25
2-1-72 検査	25
2-1-73 検査	25
2-1-74 検査	25
2-1-75 検査	25
2-1-76 検査	25
2-1-77 検査	25
2-1-78 検査	25
2-1-79 検査	25
2-1-80 検査	25
2-1-81 検査	25
2-1-82 検査	25
2-1-83 検査	25
2-1-84 検査	25
2-1-85 検査	25
2-1-86 検査	25
2-1-87 検査	25
2-1-88 検査	25
2-1-89 検査	25
2-1-90 検査	25
2-1-91 検査	25
2-1-92 検査	25
2-1-93 検査	25
2-1-94 検査	25
2-1-95 検査	25
2-1-96 検査	25
2-1-97 検査	25
2-1-98 検査	25
2-1-99 検査	25
2-1-100 検査	25

Fig.2 目次1

1-4 上肢	40
1-4-1 上肢骨	
1-4-2 肘関節	
1-4-3 肩関節	
1-4-4 手関節	
1-4-5 手	
1-5 下肢	51
1-5-1 大腿骨	
1-5-2 膝関節	
1-5-3 下脚骨	
1-5-4 足関節	
1-5-5 足	
1-5-6 足部	
1-6 付録	67

Fig.3 目次2

第 2 章 装置管理	77
2-1 はじめに	78
2-2 受入試験	82
2-2-1 X 線撮影装置	
2-2-2 受検器 (FPO・CR)	
2-2-3 画像診断装置 (モニタ)	
2-3 平常点検	97
2-3-1 X 線撮影装置	
2-3-2 受検器 (FPO・CR)	
2-3-3 画像診断装置 (モニタ)	
2-4 日常点検	108
2-4-1 始業点検	
2-4-2 終業点検	
2-4-3 画像診断装置 (モニタ)	
2-4-4 故障時対応	

Fig.4 目次3

#### 4. 最後に

一貫性のある基準や手順を確立できれば、施設間や個人間での違いやばらつきを減らし、画像の品質向上、安定した画像提供、検査を担当する診療放射線技師のスキルアップにつながっていくと考える。しかし、環境や医師の専門領域などによって施設毎に基準や手順は異なる可能性があるため、これらを踏まえた標準化が必要である。

そこで、撮影部会として、乳房撮影やCT検査の標準化に取り組んできた実績を活かし、叢書として X 線撮影に特化した QA・QC プログラムを提案した。今後はセミナーを開催して施設の環境や医師の要望を加味した各施設に特化した QA・QC プログラムの策定をサポートしていく予定である。

本書が X 線撮影標準化の第一歩となることを期待する。

#### 参考文献

- 1) 宮菌忠文, 三宅博之, 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;75(1): 54-61.
- 2) 新田 勝, 崔 昌五, 川崎康平, 小塚和人, 櫛橋民生, 古根 将. フィルムレス運用における放射線情報システム—検像システムの有用性—. 医療情報学 2002 ; 22 : 588-589.
- 3) 画像情報の確定に関するガイドライン 2.1 版

## 『デジタルラジオグラフィシステムにおける画質と撮影線量の理解』

Understanding Image Quality and Exposure Dose in Digital Radiography Systems

鈴鹿医療科学大学（画像部会長）

東出 了

### 1. はじめに

X線単純撮影における撮影線量の標準化を考えるためには、検出器の特性や診断参考レベルの把握、デジタルラジオグラフィ(digital radiography: DR)システムにおける画質と線量の関係について理解することが重要である。第一に、自施設で使用している検出器の物理特性を把握することは欠かせない。DRシステムでは様々な検出器が存在し、材質や画像形成の機序によって画質が同程度となる画像を得るために必要な線量が異なる。このため、検出器の検出量子効率である detective quantum efficiency (DQE)の把握と理解が大切となる。次に、使用している検出器のDQEを把握した上で診断参考レベル(Japan DRLs 2020)を活用することで検出器における標準的とされる線量域を把握することができる。ただし、臨床現場で自施設の求める画質や該当検査における必要な画質は異なるため、施設ごとに必要な画質に応じた線量の設定が必要となる。このため、撮影線量を考える上でDRシステムにおける画質と線量の関係を理解することが欠かせない。

### 2. 検出器の物理特性の把握と理解

DRシステムの検出器として computed radiography (CR)や flat panel detector (FPD)がある。CRは、イメージングプレートの材質や構造、集光方式において多様であり、CRといっても物理特性が異なる<sup>1)</sup>。また、FPDには間接変換方式と直接変換方式があり、一般撮影装置には間接変換方式、マンモグラフィ装置には直接変換方式が用いられることが多い。間接変換方式 FPD は蛍光体層での光の拡散によって解像特性の劣化を生じるのが特徴であり、CsIとGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S (GOS)の蛍光体によってDQEが大きく異なることも理解して使用することが大切である<sup>1)</sup>。一方、直接変換方式 FPD はX線変換層にアモルファスセレンを用いてX線を直接的に電気信号に変換するため、解像特性の劣化は非常に小さいが、高電圧の使用によるノイズ特性の劣化を生じる特徴がある。このようにDRシステムの検出器は種類によって物理特性が異なるため、自施設で使用している検出器の物理特性を正確に評価し、把握することが重要となる<sup>2)</sup>。参考として、私がこれまで解析してきたCRとFPDのDQEの一部を図1に示す。検出器の種類によってDQEが異なり、検出量子効率が違うため、使用する検出器によって必要な線量が異なることに注意が必要である。

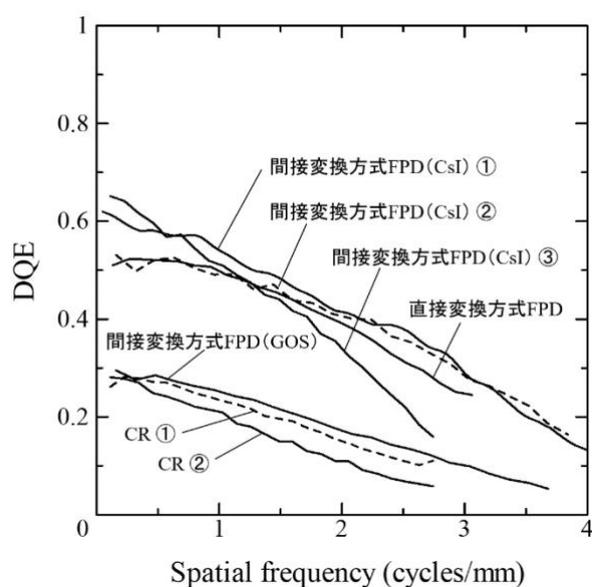


Fig. 1 様々な検出器のDQE

### 3. 診断参考レベル (Diagnostic reference levels: DRLs) の把握と理解

医療被ばく研究情報ネットワーク (Japan Network for Research and Information on Medical Exposure: J-RIME)より 2020 年 7 月 3 日に発表された日本の診断参考レベル (Japan DRLs 2020)<sup>3)</sup>を活用することで検出器に対する標準的とされる大まかな線量域を把握することができる。これまでの診断参考レベルの推移を確認するために、図 2 に JART ガイドライン 2006<sup>4)</sup>、診断参考レベル(2015 年版<sup>5)</sup>、2020 年版)の各部位の線量値と DRL 値を比較した。線量は減少傾向にあるが、これまでの DR システムの進化と発展を考慮すると線量低減の幅は小さく、使用する検出器によって考慮する必要はあるが線量低減の余地は十分にあると考えることができる。

部位	JARTガイドライン 2006 [mGy]	DRL 2015 [mGy]	DRL 2020 [mGy]
頭部正面	3.0	3.0	2.5
頸椎正面	0.9	0.9	0.8
胸椎正面	4.0	3.0	3.0
腰椎正面	5.0	4.0	3.5
腰椎側面	15.0	11.0	9.0
骨盤正面	3.0	3.0	2.5
胸部高圧 (100kV以上)	0.3	0.3	0.3
腹部正面	3.0	3.0	2.5
グースマン	9.0	6.0	-
マルチウス	10.0	7.0	-

Fig.2 JART ガイドライン 2006, 診断参考レベル(2015 年版, 2020 年版)の各部位の DRL 値

適切な線量低減を目指す上で Japan DRLs 2020 に示されている「DRL2020 決定に用いた各調査」<sup>3)</sup>を活用することが有用である。特に、日本医学放射線学会修練機関(57 施設)の値は対象施設の 85%が DR を使用している施設から算出された値であり、FPD を使用する施設にとって DRL2020 の値よりも参考値として用いるのに適した値といえる。胸部正面(100 kV 以上)は、DRL2020 が 0.3 mGy、日本医学放射線学会修練機関の 75 パーセントイルと中央値がそれぞれ 0.18 mGy、0.1 mGy である。腹部正面(臥位)は、DRL2020 が 2.5 mGy、日本医学放射線学会修練機関の 75 パーセントイルと中央値がそれぞれ 1.64 mGy、0.93 mGy である。また、腰椎正面は、DRL2020 が 3.5 mGy、日本医学放射線学会修練機関の 75 パーセントイルと中央値がそれぞれ 2.27 mGy、1.55 mGy となっている。このように、FPD を使用する施設は日本医学放射線学会修練機関の 75 パーセントイルと中央値を参考にして、自施設の線量が中央値よりも高い場合は最適化を進めるための目標とすることができる。逆に、自施設の線量が中央値よりも低い場合は画質や診断能が十分であるかについて線量よりも優先して検討することが必要となる。ただし、臨床現場で自施設の求める画質や該当検査が必要とする画質は異なるため、施設ごとで必要な画質に応じた線量の設定が必要であり、重要となる。

### 4. DR システムにおける画質と線量の関係について

DR システムにおける撮影線量の決定で最も重要なことは、観察目的となる信号のコントラストと画像ノイズの関係を理解した線量の選択である。低コントラスト信号を観察する際に線量が少ないと、画像ノイズが大きくなり、低

コントラスト信号の識別能の低下につながる。このため、椎体の横突起などの低コントラスト信号が観察対象となる場合、画像ノイズを小さくするために十分な撮影線量の確保が必須となる。一方、高コントラスト信号を観察する際に線量が少なく画像ノイズが大きくなっても、高コントラスト信号の識別能はほとんど低下することがない。これは、計測が目的である全脊椎撮影などの高コントラスト信号を観察対象とする場合、画像ノイズが大きくても信号の識別が可能であるため、撮影線量の低減が可能となる。また、散乱 X 線は観察対象となる信号のコントラストを低下させるため、散乱 X 線に対しても理解してコントロールをする必要がある。

以上より、DR システムでは、観察対象の信号のコントラストによって、線量を決定することが重要である。DR システムにおける画質と線量の関係について理解することが、検査目的に適した画質を得るために必要な X 線量を選択でき、画質と線量の最適化につながる。

## 5. まとめ

X 線撮影の標準化を進める上で、これまで解説した「検出器の物理特性」、「DRLs」、「画質と線量」の把握と理解が非常に重要である。「検出器の物理特性」を把握することで、自施設の装置のポテンシャルを理解することができる。その上で、「DRLs」を理解することで使用している線量が自施設の装置に適しているかの判断の1つとして活用することができる。ただし、DR システムは観察対象の信号のコントラストによって、線量を変化させることが必要となる。このため、「画質と線量」の関係を正しく理解することで、検査目的に適した画質を得るために必要な X 線量を選択でき、画質と線量の最適化につなげることが重要となる。

## 6. 最後に

『X 線単純撮影の標準化を考える』は、日本放射線技術学会(JSRT)と日本診療放射線技師会(JART)が初めて合同で開催する第 1 回日本放射線医療技術学術大会での企画となる。JSRT の撮影部会(一般分科会)、JSRT の画像部会、JART の骨関節撮影分科会による合同企画であり、お互いに異なる視点から専門分野に取り組む部会と分科会によるコラボレーション企画である。今回のテーマが X 線単純撮影に関わる診療放射線技師や技術者にとって有益な企画となり、当日のディスカッションも含めて議論できることを楽しみにしている。

## 参考文献

- 1) 岸本健治, 有賀英司, 石垣陸太, 他. デジタル画像の画質と被ばくを考慮した適正線量の研究. 日放技学誌, 2011;67 (11):1381-1397.
- 2) 國友博史, 小山修司, 東出 了, 他. DR システムにおける DQE 測定時の各因子の測定精度に関する検討. 日放技学誌, 2014;70 (7):653-661.
- 3) 医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME). 日本の診断参考レベル(2020 年版). [http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020\\_jp.pdf](http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020_jp.pdf).
- 4) (社)日本放射線技師会医療被ばくガイドライン策定委員会: 放射線診療における線量低減目標値 -医療被ばくガイドライン 2006-. 日放技誌; 2006(53): 1405-1418.
- 5) 医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME). 日本の診断参考レベル(2015 年版). <http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>.

教育講演：

## 『心臓血管外科領域における手術支援画像の必要性とその実際

### ～画像構築スキルは、手術成績向上、合併症回避に不可欠なツール～』

The Necessity of Surgical Support Imaging in the Field of Cardiovascular Surgery and its Practical Implications: Building Skills in Image Construction: An Essential Tool for Improving Surgical Outcomes and Avoiding Complications

琉球大学病院 胸部心臓血管外科学講座

永野 貴昭

参加者の皆様、本日は記念すべき第一回日本放射線医療技術学会大会において、このような名誉ある機会をいただき感謝申し上げます。臨床外科医としての立場から心臓血管外科手術領域の現状と手術支援画像の重要性に関する教育講演を担当させていただきます。演題名は「心臓血管外科手術領域における手術支援画像の必要性とその実際 ～画像構築スキルは、手術成績向上、合併症回避には不可欠なツール～」です。

近年、日本において高齢化が急速に進む中、重症患者の増加と共に、心臓大血管外科領域でも術後の生活の質(QOL)を考慮した低侵襲手術が重要視されています。例えば、弁膜症や先天性心疾患に対する皮膚小切開または胸骨部分切開下の開心術(MICS)、狭心症に対する人工心肺を使用しない心拍動下冠動脈バイパス術(OPCAB)や小切開手術(MIDCAB)がその代表例です。

更に、最も手術侵襲の大きいとされている大血管・大動脈瘤手術においても、これまでの標準的手術治療(大動脈瘤切除+人工血管置換術)とはコンセプトの全く異なる画期的な血管内治療(ステントグラフト内挿術:SG内挿術)が開発され、本邦でも広く普及してきました。まさに「大血管外科領域におけるパラダイムシフト」の流れが、我々の日常診療に大きな変革をもたらしました。この治療法の登場により、術前CTやMRIは単なる診断ツールにとどまらず、より詳細な解剖学的評や手術支援の役割を担うようになってきました。加えて大動脈弁狭窄症(AS)に対する経カテーテル的大動脈弁置換術(TAVI)の登場により、世界的にも弁膜症治療のGame Changerとして概念を一変させました。今後、心臓・大血管領域でも低侵襲手術へのパラダイムシフトは加速の一途を辿ると予想され、本邦でも構造的な心疾患(SHD: Structural Heart Disease)への低侵襲治療(カテーテル治療)という新たな展開を迎えています。

このような新たな革新的な治療の影響は、従来の術前評価や手術支援にフィードバックされ、画像構築スキルの役割がますます重要視されています。チームでの情報共有と正確な解剖学的診断により、手術計画の精度を高めることが可能です。特に、優れた画像構築スキルを持つ放射線技師の存在は、手術成績の向上や合併症の回避に大きく寄与します。本講演では、これらの重要性について詳細に解説し、実際の事例やデータを通じて画像構築スキルの向上が手術医に与える影響について具体的に説明します。

心臓血管外科手術は高度な技術と精密さを要する分野であり、手術支援画像を効果的に活用することで手術の成功率を向上させることが可能です。本講演を通じて、手術支援画像の重要性を再確認し、画像構築スキルが手術成績改善や合併症回避に不可欠なツールであることを理解していただければ幸いです。最後に、本日の講演にご参加いただきまことにありがとうございます。皆様と知識を共有し、より良い医療技術の発展に貢献できることを心より願っております。

## 学術企画⑭ ワークショップ

JSRT 撮影部会 (MR・CT 分科会), JART 画像等手術支援分科会 合同企画

### 『手術支援画像作成のためにすべきことは』

座長：新潟大学医歯学総合病院 (撮影部会委員) 金沢 勉

柏葉脳神経外科病院 (画像等手術支援分科会長) 平野 透

#### 1. はじめに

第1回日本放射線医療技術学術大会では、日本放射線技術学会の撮影部会 MR・CT 分科会と日本診療放射線技師会の画像等手術支援分科会との共同の企画にて、手術支援画像をテーマとしたワークショップを行うこととなった。

近年、外科手術の手技については、ロボットサージャリーも含めて多様になり進歩をしてきているが、安全で正確に外科手術を行うことは、執刀医の不変な思いであり最も重要である。3D 画像は、1990 年代にワークステーションが臨床現場に登場してから、CT 装置のメーカー間の多列化競争とともに発展をしてきた。当初、一般病院では MPR を中心とした利用であり、3D レンダリング画像は患者さんへの分かりやすい説明画像として利用されていた。しかし、レンダリングボードや PC の劇的な性能の向上と共に、現在では手術を支援する重要なツールとなっている。したがって、手術支援画像は安全で正確な手術を行うための重要な役割を担っており、その画像を提供する診療放射線技師の責任も大きいものと考えている。また、診療報酬でも画像等手術支援加算 (K939) が 2008 年に新設され、改定のたびに算定可能な手術項目が増えている。

#### 2. ワークショップの構成

本シンポジウムは大きく 2 つの構成としている。まずは 3D 画像の作成をするためには元画像の収集が肝心であることから、造影方法を含めた CT や MRI での撮像技術について解説頂く。最適化された画像を取得するには、装置の特性をしっかりと理解しアーチファクトがなく目的部位のコントラスト高める撮像技術が必要である。次に、最適化された画像をどのように作成し、執刀医に伝えるかを解説頂く。今回は、頭部と腹部としたが、ワークステーションを用いた 3D 画像の作成や手術手技をしっかりと理解し、執刀医が必要とする画像を把握することが重要である。このように、三次元画像は、ワークステーションの急速な進歩により容易に作成できるようになったが、質の高い元画像の取得が重要である。また質の高い画像を得ても、臨床医に役立たない三次元画像は全く意味をなさない。この両者が最適化されることで真の手術支援画像が提供できると考える。

シンポジストは以下の通りである。

CT 撮像技術	瓜倉 厚志 (国立がん研究センター中央病院)
MR 撮像技術	垂脇 博之 (大阪大学医学部附属病院)
手術支援画像 (頭部)	大村 知己 (秋田県立循環器・脳脊髄センター)
手術支援画像 (腹部)	田仲 健朗 (札幌医科大学附属病院)

#### 3. ワークショップへの期待

シンポジウムに先駆け、琉球大学病院 胸部心臓血管外科学講座 診療准教授の永野貴昭 先生に心臓血管外科領域における手術支援画像について教育講演を行ってもらう。画像の構築スキルは手術成績や合併症の回避に必要不可欠であるという内容の講演であり、臨床医の立場から画像の重要性を説いてもらい、画像を作成する診療放射線技師への要望や手術支援画像の将来展望についてもご意見を頂きたいと思う。また、ワークショップでは診療放射線技師が手術支援画像を提供するため必要な CT, MRI の撮像技術や 3D 作成技術の両側面から、臨床に役立つ画像を得るためのスキルについて、会場の皆さんと議論をすることで、より理解が深まることを期待する。

## 学術企画⑭ ワークショップ

テーマ：手術支援画像作成のためにすべきことは

### 『CT 撮像技術』

Imaging Technique for Computed Tomography

国立がん研究センター中央病院（撮影部会委員）

瓜倉 厚志

#### 1. はじめに

X 線 CT は、手術支援画像の領域では最も多用されるモダリティのひとつである。2000 年代に入り商用 CT に搭載された多列検出器や高速化技術は、手術支援画像の質を大きく向上させた。シングルヘリカル CT のころから利用されてきた脳神経外科領域のみならず、胸部や腹部といった体幹部臓器にもその適用が拡大された。また、近年における高精細化技術は、より客観的な微細血管や骨構造の描出を可能にし、手術の安全性や手術時間の短縮に有用であることが報告されている。また、外科手術以外にも interventional radiology (IVR) における術前 CT 画像を利用したカテーテル治療プランニングや術中のガイドなどにも利用されている。さらに、近年では、ワークステーションや picture archiving and communication system (PACS) 上での 3 次元画像の表示のみならず、ウェアラブルデバイスを用いて extended reality (XR) 技術を活用した手術支援画像表示技術も研究され、一部では既に利用されつつある。

手術に役立つ支援画像を提供するためには、描出目的に合わせた CT 画像の取得が不可欠である。そのためには CT 撮像の基本と CT 画像の特性に関する知識が必要であるが、手術支援画像の CT 撮像技術について、ガイドライン等で示されたものがあるわけではない。本稿では、目的とする手術支援画像を得るために見直すべき撮像パラメータや画像再構成法などについて概説する。

#### 2. CT を用いた手術支援画像の対象

##### 2-1. 診療報酬加算から考える手術支援画像の対象

手術支援画像を診療報酬の面から考えると、画像等手術支援加算 (K939) においては、1. ナビゲーションによるもの、2. 実物大臓器立体モデルによるもの、3. 患者適合型手術支援ガイドによるもの、という 3 つの区分に基づき、それぞれ様々な領域の外科手術が含まれる。加算の適応となる手術部位は大きく分けると、四肢、脊椎、頭蓋・脳、眼窩・涙腺、中耳、鼻・副鼻腔、肺・気管支、肝に分類できる。すなわち、骨・関節、血管、腫瘍、実質臓器が手術支援画像として扱われていることがわかる。また、冠動脈 CT、外傷全身 CT、大腸 CT は先進画像加算として点数が付与されているが、これらの検査で取得した画像は、画像診断のみならず外科的・内科的治療支援画像としてもしばしば利用されている。

##### 2-2. 文献検索

手術支援 CT 画像について文献検索を行い、利用されている部位について調査した。PubMed で手術支援 CT に関する論文を検索した (検索式: ("surgical assistance" OR "preoperative planning") AND ("computed tomography")) Filters:

表 1 分類結果

臓器カテゴリー	文献数
頭頸部	39
肺	32
肝臓	26
心臓	25
腎臓	16
胃	10
腸	7
甲状腺	7
膵臓	5
前立腺	3
膀胱	2
その他	861

from 2019 - 2024). 2019 年以降の期間における論文数は 1034 編であった。論文タイトルに基づいて臓器ごとに分類した結果を表 1 に示す。臓器カテゴリー別では、頭頸部、肺、肝臓、心臓の順に多い結果となったが、特定の臓器に限定されない、あるいは分類が難しい文献(その他に分類)が多かった。但し、この分類は論文タイトルによるものであり、もう少し精査が必要であることを書き添えておく。

### 3. 撮像技術

前項のとおり、手術支援 CT 画像といってもその部位・領域は多岐にわたる。術前の CT 検査は、対象疾患の精査のために施行されることが多く、撮像および造影技術やパラメータは、その疾患の診断タスクに応じて決定される。すなわち、多くの場合は、手術支援のために、それに特化した撮像技術やパラメータ設定を行うわけではなく、精査画像をもとに手術支援画像処理が行われている。一方、手術支援 CT 画像のために改めて CT 検査を施行する場合は、必要な情報を取得するための撮像パラメータ設定が可能である。

#### 3-1 空間分解能

手術支援画像において、微細な血管や骨構造が必要な場合、空間分解能に関わる撮像パラメータが重要である。撮像パラメータとして、X 線管焦点サイズ、flying focal spot、quarter detector offset、detector configuration、スライス厚、field of view などが空間分解能向上に関わる<sup>1)</sup>。また、患者ポジショニングも重要な因子である。スライス面内の空間分解能は、回転中心から離れるほど低下することが知られており、CT スキャナの性能や撮像パラメータにもよるが、回転中心から 15 cm 程度離れた位置の 10% modulation transfer function は 20~30%低下する。それゆえ、体幹部辺縁にある血管(e.g. 深下腹壁動脈穿通枝、Adamkiewicz 動脈)の描出を目的とする場合は、対象血管を回転中心に近づけることも有効である。

最近では、高精細 CT を用いた手術支援画像の報告もある。乳癌患者に対する自家組織再建術前に施行される深下腹壁動脈穿通枝の CT-angiography について、従来の multidetector CT (MDCT) と、ultra-high resolution CT (UHRCT) を比較した研究では、細径の穿通枝動脈において UHRCT の CT 値が有意に高値を示した<sup>2)</sup>。また、横行結腸癌の手術支援画像において MDCT と UHRCT を比較した報告では、UHRCT において直動脈の描出が可能となり、切除範囲の可視化、支配動脈の同定に有効であることを示した<sup>3)</sup>。

#### 3-2 画像ノイズとコントラストの最適化

画像ノイズの最適化は、極端な低線量スキャンを行う検査を除けば、スライス厚、画像再構成法に依存するところが大きい。近年の CT では、hybrid-iterative reconstruction (hybrid-IR) をはじめとした逐次近似再構成や deep learning-based reconstruction (DLR) といった、解像特性をある程度維持しつつ画像ノイズを低減する非線形処理を伴う画像再構成法が主流である。Filtered back projection (FBP) による線形画像再構成であれば、画像ノイズの多少に関わらず空間分解能は一定であったため、contrast-noise-ratio (CNR) のような指標をもとに撮像パラメータの最適化が可能であった。一方、hybrid-IR や DLR のような再構成では、画像に含まれるノイズ量に応じて空間分解能が変化することが知られており、画像に含まれるノイズが多くなる条件下においては空間分解能が低下する。例えば、ある程度の大きさを有する(e.g. > 5 mm)血管や臓器などが対象である場合は、多少の空間分解能低下の影響は小さく、FBP と同様に CNR を基準に画像ノイズを最適化することがリーズナブルである。それより小さい構造(e.g. 末梢血管や軽微な骨折)を対象とする場合は、画像ノイズ量に起因した末梢血管等の CT 値低下や空間分解能低下の程度を考慮したノイズ制御が必要である<sup>4)</sup>。脳 CT-angiography における微細血管の描出に関する研究では、model based iterative reconstruction (MBIR) と hybrid-IR の比較を行い、高い空間分解能とノイズ低減効果を有する MBIR によって、前脈絡叢動脈や穿通枝の描出能が向上することが

報告されている<sup>5)</sup>.

### 3-3 造影技術

血管や臓器の描出を必要とする手術支援画像においては、造影技術も重要である。動脈の CT 値を高値にするためには fractional dose の最適化が必要であり、門脈、静脈、実質臓器の造影効果が必要な場合には総コード量の最適化が必要となる。Fractional dose や総コード量は、前述のとおり、疾患の精査条件によって決定されていることが多く、ある程度の制限下で画像を取得することが多い。また、動脈と門脈や静脈、さらに臓器をフュージョンした画像を手術支援に用いることもしばしば行われている。この場合、一般的には複数の時相で撮像されたデータを用いて、呼吸や体動によるズレを修正する処理(レジストレーション)を行う。レジストレーションを十分に行わない場合、本来の解剖学的位置関係とは異なる情報を提供することが懸念される。最近の CT コンソールや 3D ワークステーションでは、非剛体技術を用いたレジストレーションを行うことが可能となっており、多くの領域で利用されている<sup>6)</sup>。また、腹腔鏡下胃切除術のための腹部 CT-angiography 検査において、split-bolus 技術を用いて 1 相で動静脈を描出することにより、線量を低減しつつ画質を改善したことが報告されている<sup>7)</sup>。この手法では、時相間のレジストレーションエラーが生じないため、術前の血管解剖把握において利点がある。

その他、造影効果を改善する方法として、低管電圧撮像や dual energy による造影 CT も有効である。先行研究では、術前検査において、腎機能等の問題による造影剤量減量や、微小出血の描出能向上における有効性が示されている。ただし、低管電圧や dual energy においても、focal spot blooming や非線形画像処理による空間分解能低下が知られており、手術支援画像の対象により使い分ける必要がある。

## 4. その他

IVR など、外科手術以外の手技においても支援画像はしばしば利用されている。経動脈的化学塞栓療法において、angio-CT による 3D 画像を用いた feeding artery の同定は、手技時間の短縮や被ばく低減に有効であることが示されている<sup>8)</sup>。

本稿で述べた実物大臓器立体モデルや、近年利用されつつある XR 技術による手術支援画像では、ワークステーションで処理された画像を standard triangulated language (STL) 形式で出力する必要がある。最近では多くのワークステーションが対応しているが、STL 形式で出力されたデータの質や、出力時の設定はシステムによる差が大きく、安定した出力方法を検討する必要がある。

## 5. おわりに

本稿では、CT の手術支援画像について、その対象や撮像技術、造影技術について概説した。撮像技術については、精査を兼ねた検査の場合と、手術支援画像のための検査の場合においてその制限が大きく異なる。近年の新しい画像再構成法や dual energy 等の技術は、これらの制限を解決するために有効である。また、3D ワークステーションや PACS 上での表示のみならず、実物大モデルや XR デバイスの利用も普及しつつあり、今後も手術支援画像取得のために必要な撮像技術は進化が求められるであろう。

## 参考文献

- 1) Flohr TG, Stierstorfer K, Süß C, et al. Novel ultrahigh resolution data acquisition and image reconstruction for multi-detector row CT. Med Phys. 2007;34(5):1712-23.
- 2) Ide S, Urikura A, Yoshida T, et al. Ultrahigh-Resolution Computed Tomography Improves Preoperative

Computed Tomography Angiography for Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Flap Reconstruction. *J Comput Assist Tomogr.* 2022;46(1):29-33.

- 3) 大家佑介. 続 こだわりの CT 画像処理 (第 12 回) 脾彎曲部横行結腸癌の手術支援画像における高精度 CT の実力. *映像情報 medical.* 2024;56(3), 70-75.
- 4) Matsuura K, Ichikawa K, Kawashima H. Task-specific spatial resolution properties of iterative and deep learning-based reconstructions in computed tomography: Comparison using tasks assuming small and large enhanced vessels. *Phys Med.* 2022;95:64-72.
- 5) Hamaguchi N, Fujima N, Hamaguchi A, et al. Improved Depictions of the Anterior Choroidal Artery and Thalamoperforating Arteries on 3D-CTA Images Using Model-based Iterative Reconstruction. *Acad Radiol.* 2021;28(1):e14-e19.
- 6) Ohashi Y, Takashima H, Ohmori G, et al. Efficacy of non-rigid registration technique for misregistration in 3D-CTA fusion imaging. *Radiol Med.* 2020;125(7):618-624.
- 7) Muroga K, Ichikawa K, Maruyama A, et al. Split-bolus injection protocol with optimized timings of contrast medium injection and CT scanning for 3D CT angio-venography before laparoscopic gastrectomy. *Jpn J Radiol.* 2021;39(4):395-403.
- 8) Takada K, Toyoda H, Tada T, et al. Accurate and rapid identification of feeding arteries with multidetector-row angiography-assisted computed tomography for transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma. *J Gastroenterol.* 2015;50(12):1190-6.

## 『MR 撮像技術』

### MRI Imaging Technology

大阪大学医学部附属院

垂脇 博之

#### 1. はじめに

MRI(Magnetic Resonance Imaging)は、水素原子核(プロトン)がマイクロな磁石である性質(核スピン)を利用し、体内の核スピンの分布、挙動を画像化している。T1 強調画像, T2 強調画像, 拡散強調画像, 非造影 MR Angiography 等, 様々なコントラストの画像を任意の断面で取得可能である。さらに X 線被ばくがないという長所があるため, 小児等被曝を考慮しなければならない症例でも繰り返し検査を行いやすい。そのため臨床では頭部, 上腹部, 骨盤部, 四肢骨軟部領域等, 様々な部位での撮像が行われている。近年, 撮像時間短縮を目的としたパラレルイメージング<sup>1)</sup>, 圧縮センシング<sup>2)</sup>だけでなく, 高 SNR 化, 高解像度化を目的とした深層学習を利用した画像再構成法が臨床応用されてきており, さらに質の高い MRI 検査が提供できるようになってきている。一方で MRI はオペレーターで設定変更できる撮像パラメーターが多く, それが出来される画質に影響する。MRI は一般的に, SNR と分解能と撮像時間は互いにトレードオフになっており, 予約枠や検査依頼に応じて撮像時間や画質をある程度調整しておくことが重要であり, 多少なりとも知識と経験が必要である。

MRI は様々な情報を提供可能であり, 手術支援という意味では, 主に脳神経外科領域で術前の造影 MRI 検査で, DTI(Diffusion Tensor Imaging)や, 造影 3DT1 強調画像等を用いて, 手術でのナビゲーションに利用されていることが多い。さらに頭部領域だけでなく, その他様々な部位での撮像がおこなわれている。

今回, 「臨床に役立つ手術支援画像」ということで, 近年その重要性が増してきている直腸癌の術前 MRI 検査について, 当院の撮像法を踏まえ記述する。

#### 2. 直腸癌

大腸癌は日本人で罹患率が高く, 2020 年のデータでは罹患数において, 男性では前立腺癌について 2 位, 女性では乳がんについて 2 位となっている。大腸は上行結腸, 横行結腸, 下降結腸, S 状結腸, 直腸と連なり, 接種した食物の水分を吸収し便を形作る役割があり, 直腸は便を溜める役割がある。直腸癌は大腸癌の中でも約 40%と発生率が高いが, 早期診断ができれば比較的予後がいいことも知られている。直腸癌の診断は, なによりもまず内視鏡での肉眼的診断がメインでそこで生検を行い, 癌と診断される。その後, 全身転移検索目的で PET もしくは造影 CT が行われている。MRI の役割は局所診断であり, 腫瘍の浸潤の程度等を把握する。

#### 3. 直腸 MRI

直腸癌 MRI において, 欧州では MERCURY(The Magnetic Resonance Imaging and Rectal Cancer European Equivalence) study group の活躍があり, 直腸癌に対する MRI 診断の精度が飛躍的に進歩したと言われている。本邦においてもそれらを取り入れる大腸外科医が増えつつあり, 当院でも 2020 年頃を境に直腸癌の術前 MRI 撮像方法が大きく変更された。まず腫瘍を根治的に切除できたかを示す指標として, 外科的剥離断端距離:CRM(circumferential resection margin)があり, これは腫瘍辺縁から手術で剥離したラインまでの最短距離を

示している. CMR<1mm の場合は局所再発率が有意に高くなることが知られており, 実際の手術では直腸間膜筋膜:MRF(mesorectal fascia)が剥離するラインと一致するため, MRI 撮像では MRF がしっかり描出されるような分解能が必要になる. さらに腫瘍の広がり把握のために腫瘍が接する腸管に対して長軸方向, 短軸方向と空間的な把握が必要となり, 当院ではまず single-shot T2 強調画像の矢状断を撮像し腫瘍の位置を同定してから, 2D-FSE T2 強調画像を 3mm スライス厚で長軸, 短軸 2 方向の撮像を行っている. さらに拡散強調画像, 造影後は脂肪抑制 T1 強調画像を thin slice で撮像している. (Fig.1,2,3)



Fig. 1 T2 強調画像の断面決定方法



Fig. 2 拡散強調画像



Fig.3 造影後 T1 強調画像

術前直腸 MRI 画像の重要な所見として, 固有筋層外の静脈内に腫瘍細胞が進展した状態 EMVI(extramural venous invasion)があり, 病理学的な予後不良因子の一つである. (Fig.4) このように, 直腸癌術前 MRI で提供できる情報は非常に多く, 撮像パラメーターや, 撮像断面の設定が重要である. 当院でも以前は直腸癌の症例でも, 全骨盤を広く撮像するような撮像を行っていたが, 消化器外科医, 放射線科医の依頼で上記のような専用のプロトコールを設定するに至った. その際に大きく撮像パラメーターの変更を行い, さらに試行錯誤を何度も行うことによって, 現在のパラメーターに落ち着いた. その際に, 臨床医, 放射線科読影医との連携を密に行うことが重要だと感じた.

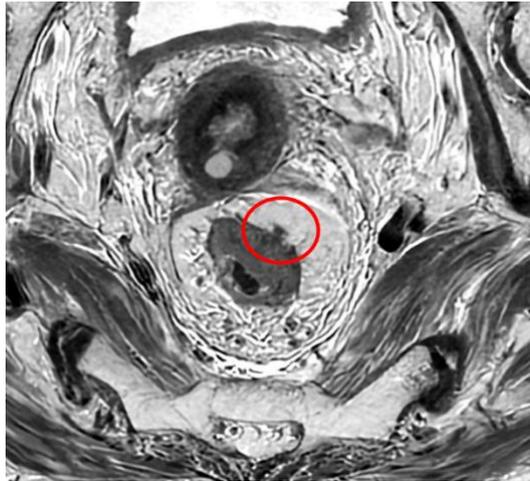


Fig. 4 EMVIと思しき所見 (T2 強調画像短軸)

#### 4. 深層学習を利用した画像再構成法

近年, 人工知能いわゆる AI (Artificial Intelligence)の技術の一種である深層学習を利用した再構成法 DLR (Deep Learning Reconstruction)が MRI でも応用され始めてきている. 当院での装置に搭載されている再構成は, 主に画像上のノイズを大幅に低減させることが可能で, パラレルイメージングとDLR を併用して, 同一の分解能で撮像時間の短縮を, 同一の撮像時間でより高い分解能で撮像することが可能となった. 当院では腹部骨盤領域では DLR を利用可能なシーケンスには全て適応しており, よりノイズの少なく, 高分解能な画像を提供している. (Fig. 5)

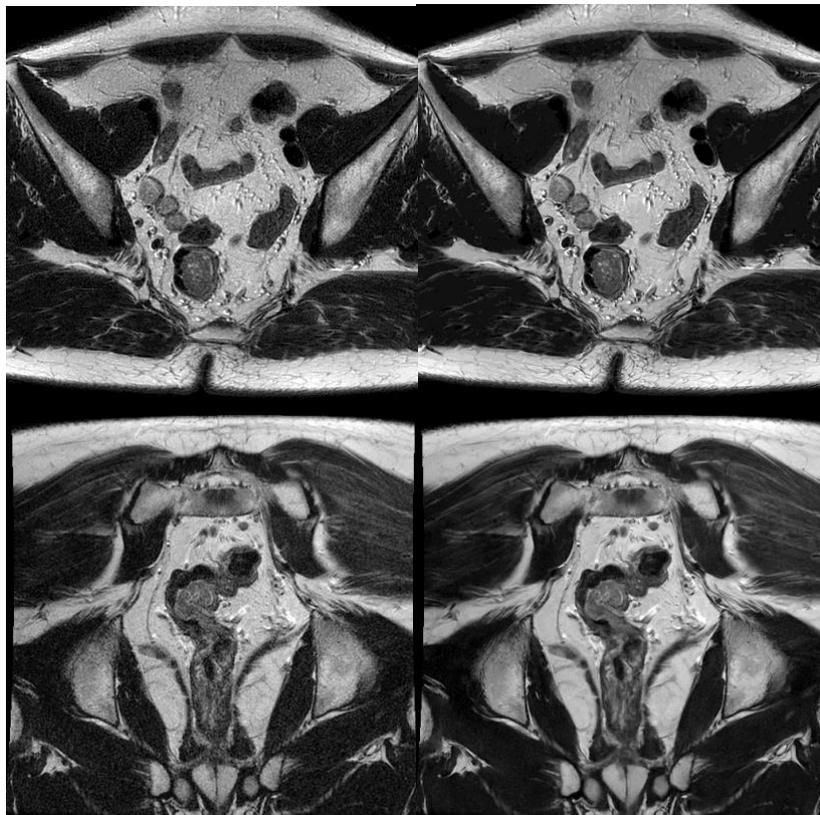


Fig. 5 DLR を利用した T2 強調画像 左:元画像 右:DLR 画像

DLR を利用する際には、最適なデノイズの強度等は、DLR 処理のかかっていない元画像と比較し、読影医と相談して決定することが重要である。また DLR は装置メーカーや Ver によっても適応可能なシーケンスが異なり、適応部位や、強度の決定等、出力された画像の特性を考慮しながら臨床応用の可能性を探っていくことも、我々技師の役割であると考え。

## 5. まとめ

MRI は従来からオペレーターで可変可能な撮像パラメーターの設定が重要であることが言うまでもないが、最新の画像再構成の臨床応用の可能性を考えること含めて、我々技師が臨床現場でおこなうことは多い。さらに画像診断医、臨床医が求めている情報を知ることによって、最適な MRI 検査を実現できると考える。より良い画像を提供するために常に、知識を最新にアップデートしていくことが重要である。

## 参考文献

- 1) Anagha Deshmane, MEng, Vikas Gulani, Parallel MR Imaging,; J Magn Reson Imaging. 2012 July; 36(1): 55–72.
- 2) Michael Lustig, David Donoho, Sparse MRI: The Application of Compressed Sensing for Rapid MR Imaging, Magnetic Resonance in Medicine 58:1182–1195 (2007)
- 3)臨床画像 2022 Vol.38 No.8 81-122
- 4)白石憲男, 藤島紀, 鈴木浩輔, 術前に見ておきたい消化器外科 画像は手術の設計図 MEDICAL VIEW

## 『脳神経領域の手術支援』

Assisted Surgery Images for Neurosurgery

秋田県立循環器・脳脊髄センター

大村 知己

### 1. 緒言

脳神経の開頭術は病変に直達する手技であるため、手術支援画像はシミュレーションのための術前情報として重要な役割を担う。したがって、手術適応が判断できる病態表示はもとより、病変部位に即した術式を鑑みた画像表示が求められる。本稿では脳動脈瘤を例に、開頭術における手術支援画像の考え方について解説する。

### 2. 手術支援画像とは

3D 画像は診断領域でも活用されるが、この場合は形態的な所見から病態を評価することが目的となる。病態評価は手術適応の判断に必要な事項であるため、概念的には 3D 画像による病態評価も手術支援画像と考えるべきである。病態評価が適切に行える 3D 画像であるためには、形態を精度良く描出することが求められる。したがって、3D 表示における形態描出において、撮影・再構成・造影の 3 項目の至適さが求められる。加えて、病態を至適に表示させるためには、疾患に対する知識も備える必要がある。基礎知識として押さえておきたい一つには、手術適応の基準への理解が挙げられる。これらの要素を満たした 3D 画像によって、手術適応が判断できる病態評価が可能となる。

病態評価によって手術適応があると判断されたら、手術シミュレーションが必要となる。外科手術は非常に高度な技術を必要とするため、書籍や映像を見るだけの日々のトレーニングでは実際の臓器を正確にイメージするのが難しいとされる。そのためイメージトレーニングは必要不可欠であり、術前に撮影した検査画像を用いたシミュレーションが有効性を発揮する。画像によるシミュレーションを適切に行うためには、実際の術式に即した画像表示を考慮しなければならない。頭部の場合では、開頭部位から病変が位置する部位までのアプローチ、さらには病変部位での操作に関わる全ての構造について画像表示が必要となる。このとき、術式に理解がなければ開頭範囲やアプローチに関わる術野にも理解が及ばないため、手術支援画像を作成することは不可能と考える。したがって、手術支援画像では疾患と術式の関わりを理解し、術式に沿った画像作成が求められる。

### 3. 脳動脈瘤の術式と手術支援画像について

脳動脈瘤は血行力学的負荷が大きい血管分岐部で多く発生するため、開頭術は発生箇所へアプローチしやすい術式が採用される。また、脳動脈瘤は脳実質の外に存在する病変であるため、アプローチでは脳損傷のリスクを回避するために脳溝を分け入る手技がとられる。したがって、発生箇所によって分け入る脳溝がほぼ決まるため、その関係性を理解しておけば開頭術の手術支援画像の作成に大いに役立つ。

最も一般的な開頭術は前頭側頭開頭であり、対象は内頸動脈、中大脳動脈の他に、前交通動脈、脳底動脈に発生する脳動脈瘤も対象となる。中大脳動脈へはシルビウス裂外側部の島回外側を展開、内頸動脈へはさらにシルビウス裂内側部の島回外側を展開してアプローチする。手術支援画像としては、一つは開頭部の脳表の表示であり、シルビウス裂に存在する脳表静脈の詳細な描出が必要となる。次にアプローチを考慮した描出として、

病変までの経路に存在するあらゆる構造の明瞭化が必要となり、動脈はもちろん、深部静脈、骨、脳神経も対象となる。特に末梢の血管であるほど、走行や解剖学的に動脈・静脈の特定が困難となるため、これらの画像作成においては丁寧に時間を掛けて処理を行いたい。

他の開頭術として、両側前頭開頭で左右の脳の間(半球間裂)を分け入るアプローチでは、正中に位置する前交通動脈や前大脳動脈遠位部の脳動脈瘤が対象となる。外側後頭下開頭で小脳辺縁を辿るアプローチでは、椎骨動脈に由来する後方循環系の脳動脈瘤が対象となる。いずれも開頭場所は異なるが、手術支援としての表示の基本は前頭側頭開頭と同様であり、開頭部の脳表の表示と病変までの経路に存在するあらゆる構造の明瞭化が必要となる。

#### 4. より良い手術支援画像のために

ここまで脳動脈瘤を例に、手術支援画像の考え方の概略を述べた。外科手術であるクリッピング術は多くの処置をとるため、綿密な手術計画の立案において優れた画像表示技術は術者にとって頼りになる存在である。つまり、安全かつ手術完了までの時間短縮に寄与するナビゲーション的な役割を担うと考える。したがって、手術支援画像は手術目的が完了するまでの手技の流れを理解し、術者と同じ感覚で丁寧かつ慎重に作成しなければならない。

術者と同じ感覚を養うためには、手術を見る、術者から聞く、考えて画像作成する、の要素が重要である。「手術を見る」は実際の術野を見ることがリアルを知ることに繋がる。「術者から聞く」は術野を見て感じたことが術者と共有できているかの確認と擦り合わせに繋がる。「考えて作成する」は見たこと、聞いたこと、確認と擦り合わせを画像作成に反映させることに繋がる。術者のためになる手術支援画像を作成するには、相当の知識習得とスキルアップが求められる。それも全て患者への還元、医療社会への貢献と考えると、とてもやりがいのある業務と考える。

## 『腹部領域の手術支援』

Assisted Surgery Images for Abdomen

札幌医科大学附属病院

田仲 健朗

### 1. はじめに

近年、腹部領域の手術は低侵襲な腹腔鏡下手術やロボット支援下手術が主流となってきている。内視鏡による拡大視効果によって精緻な作業が可能となり、小さな術創のため術後疼痛や運動制限は軽減され、術後早期回復に寄与している。しかし、これらの手術は術野全体を捉えることが困難で、直接臓器に触れることができないため、解剖学的誤認によって血管や周囲臓器への損傷を引き起こす危険性がある<sup>1)</sup>。よって、術前に行われる画像診断は医学の進歩とともに重要度を増しており、手術支援画像による術前シミュレーションや術中ナビゲーションが有用であることは周知の事実となっている。

手術支援画像作成においては術者が求める画像を理解することが重要である。施設によって提出画像の作成法や表示法は様々であるが、ここでは当院で行なっている手術支援画像作成における運用や取り組みについて、腹部領域の手術支援と絡めて紹介していきたい。

### 2. 術前の画像診断

手術を「適切に」、「安全に」、「円滑に」行うために、術者は術前画像から多くの情報を得て手術に臨んでいる。すなわち、①手術適応と術式選択のための画像診断、②処理部位(処理血管など)に関する解剖学的情報取得のための画像診断、③手術難易度評価のための画像診断である。①手術適応と術式選択のための画像診断では、病変の局在診断と範囲診断、悪性腫瘍では TNM 評価、炎症性疾患では重症度評価などが重要となる。②処理部位(処理血管など)に関する解剖学的情報取得のための画像診断では、処理する血管(動静脈)の解剖学的亜型(分岐形態と走行)の術前画像診断、実際の手術への応用としてランドマークやアプローチ開始点などの決定が重要である。③手術難易度評価のための画像診断では、手術の手技的難易度規定因子(解剖学的な理由により良好な術野形成ができないなど)の認知が重要となる。これらを分析した上で術式とアプローチ、安全な主要血管への到達法や処理法などを決定している<sup>2)</sup>。

### 3. 手術支援画像の有用性

手術支援画像は腹部領域のみならず、他の領域においても有用性が報告されている。胸腔鏡下肺部分切除術の症例では、手術支援画像により単一の流入・流出血管および肺動静脈瘻が同定され、病変の評価に有用であったと報告されている<sup>3)</sup>。腹部領域においても報告が多数あり、手術支援画像により手術時間および推定出血量が有意に少なかったことや<sup>4)</sup>、術式の決定、切離線決定に有用であったとの報告がある<sup>5)</sup>。さらには、手術支援画像で腫瘍と血管の走行、リンパ節、周囲臓器との解剖学的な関係を術前に把握しておくことにより、出血や臓器損傷などの合併症を回避することができ、正確なリンパ節郭清が可能となることも報告されている<sup>6)</sup>。このように、手術支援画像の有用性は多数報告されているが、画像作成者の診療放射線技師は術者が求める画像を提供しなければならないと考える。そのためには、術者と診療放射線技師のコミュニケーションやフィードバックが重要であ

り、その方法は各施設によって様々であると言える。

#### 4. キャンサーボードやカンファレンスへの参加

当院では肝胆膵領域のキャンサーボードや領域毎の 3D カンファレンスへの参加、各診療科のカンファレンスに参加し手術支援画像作成法を協議するなどして、どのような提出画像を作成するか決定している。

キャンサーボードとは手術、放射線療法、化学療法に携わる専門的な知識や技能を有する医師や医療スタッフによる、がん患者の治療方針についての意見交換、共有、検討、確認をするカンファレンスのことである。当院のキャンサーボードには消化器外科、消化器内科、腫瘍内科、放射線治療科、放射線診断科の医師がそれぞれ参加し、診療放射線技師も参加している (Fig.1)。



Fig.1 キャンサーボードの様子

また、領域毎の 3D カンファレンスでは術者と診療放射線技師が提出画像について協議し、画像作成法や血管、腫瘍の色など、術者が術前や術中に把握しやすい提出画像を決定している。さらに、提出画像を協議した上で領域毎のマニュアルを作成している。例として大腸癌術前画像について紹介する (Fig.2)。カンファレンス前までは腫瘍の占拠部位に関わらず、どの症例においても腹部大動脈、腹腔動脈、上腸間膜動脈、下腸間膜動脈、上腸間膜静脈や下腸間膜静脈を含めた門脈系、全大腸、腫瘍を描出して画像作成をしていた。しかし、この提出画像では情報量が多すぎてしまい、いくら綺麗な画像を作成しても術者にとってはストレスが溜まるものである。そこでカンファレンスにおいて、腫瘍の占拠部位に対しての画像作成法を改めることとした。まず、左半結腸領域について、腹部大動脈は腹腔動脈や上腸間膜動脈や腎動脈、そして内腸骨動脈は不要なので全て切除し、門脈系については下腸間膜静脈のみを描出し、門脈側や脾静脈側は薄く表示することで観察しやすい画像とした。さらに、大腸の air image は左半結腸のみを表示し、必要なパーツのみを加算表示することで術者にとってストレスのない手術支援画像となった。次に、右半結腸領域については、腹部大動脈は不要なので非表示とし、上腸間膜動静脈のみをそれぞれ描出することとした。小腸側の血管は不要なのでそれぞれ切除し、大腸の air image は右半結腸のみとして必要なパーツだけを加算表示した。さらに、右半結腸領域の手術では解剖学的に膵臓が関与する機会が多いので、膵実質と血管の位置関係が非常に重要であることもカンファレンスを通じて術者よりご教授いただいた。よって、カンファレンス後の右半結腸領域の手術支援画像では、膵実質を追加した画像を作成することとなった。このように、手術に必要なもの、不要なものを選別するには術者目線の意見が必須となるので、術者と診療放射線技師のコミュニケーションやフィードバックは重要であると考えられる。

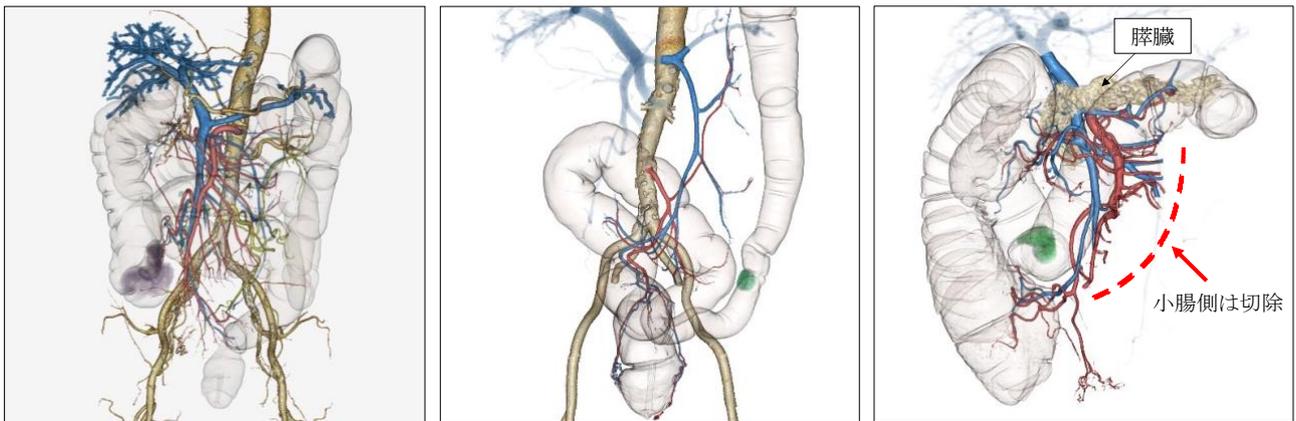


Fig.2 大腸癌術前画像

左:カンファレンス前, 中:カンファレンス後(左半結腸領域), 右:カンファレンス後(右半結腸領域)

## 5. まとめ

手術支援画像作成においては手術に必要な血管解剖や術式を知ることが重要である. そのためには実際に手術を行う術者の意見は必須であり, 画像作成法について協議することは必要不可欠である. これらを理解した上で手術に必要な血管を適切に表示し, 不要な血管を切除することで術者にとって本当に必要なワンランク上の手術支援画像を提供できると考える.

## 参考文献

- 1) 廣田省三, 村上卓道 編. 消化器 画像診断・IVR. 金芳堂, 2014, 61-65.
- 2) 白石憲男, 藤島紀, 鈴木浩輔 編. 術前に見ておきたい 消化器外科 画像は手術の設計図. メジカルビュー社, 2023, 8-14.
- 3) 内田尚孝, et al. 3D-CT で評価し胸腔鏡下肺部分切除術を施行した肺動静脈瘻の 2 例. 日本呼吸器外科学会雑誌 21.7 (2007): 926-931.
- 4) Liu, Peng, et al. Study on the application of preoperative three-dimensional CT angiography of perigastric arteries in laparoscopic radical gastrectomy. Scientific Reports 12.1 (2022): 6026.
- 5) 竹吉泉, et al. 腹腔鏡補助下胃切除術における 3D-CT による術前評価の有用性. 北関東医学 61.1 (2011): 31-35.
- 6) 西岡将規, et al. 3D-CT の消化器外科手術への応用と課題. Medical Imaging Technology 25.2 (2007): 79-83.

## 『血管撮影・IVR で求められる放射線技術の再考：業務拡大の変化の中で』

Transformation of Interventional Radiologic Technology

in the Era of Task Shifting/ Sharing

座長：大阪公立大学医学部附属病院（撮影部会委員）高尾 由範

川崎市立井田病院（撮影部会委員）三宅 博之

### 1. はじめに

血管撮影・IVR における診療放射線技師の業務は、2021 年の医政発 0709 第 7 号と、そのもとで発出された医政発 0930 第 16 号により大きく変化する様相であった。さらに 2024 年 3 月 5 日には、日本医学放射線学会、日本放射線科専門医会・医会、日本診療放射線技師会の 3 団体が共同編集した「放射線科医から診療放射線技師へのタスク・シフト/シェアのためのガイドライン集」が公開され、タスク・シフト/シェアで診療放射線技師に求められる業務がより具体的に示された。この変化については様々な意見もあるだろうが、診療放射線技師の働き方が変わったことで血管撮影・IVR への関わり、そのもとで提供される撮影技術への視座も大きく変化したことは疑う余地もない。

### 2. ワークショップの流れ

今回、変化の渦中にある血管撮影・IVR における診療放射線技師の業務の変化とこれから求められる放射線技術について考える機会とすべく教育講演、ワークショップを企画した。ワークショップでは、本邦の現状として日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構が実施した調査で明らかとなった「清潔野業務を含む IVR の支援の現状」や「求められる撮影技術」、「清潔野業務の導入事例」を共有した。

### 3. 企画の構成と内容

#### 【教育講演】

- ・ 三位一体の IVR が目指す先：診療放射線技師の支援に関する IVR 医の本音  
高瀬 圭 先生(東北大学大学院 医学系研究科 放射線診断学分野)

#### 【ワークショップ】

- ・ JAPIR の調査結果から紐解く IVR の支援の現状  
大角真司 先生(倉敷中央病院 医療技術部門 放射線技術部)
- ・ タスク・シフト/シェア時代に必要な IVR 撮影技術  
安田光慶 先生(昭和大学病院 放射線技術部)
- ・ 支援技術の向上に向けた現場での取り組み  
中川 忍 先生(倉敷中央病院 医療技術部門 放射線技術部)
- ・ 清潔野で求められる術者支援業務の技術と課題  
齋藤瑠那 先生(千葉西総合病院 放射線科)
- ・ IVR でのタスク・シフト/シェアの要点：撮影技術の観点から  
市田隆雄 先生(大阪公立大学医学部附属病院 中央放射線部)

### 4. ディスカッション

タスク・シフト/シェアが推進される現状において、教育、清潔野での業務に携わる面白味、医師とのコミュニケーション

ョン、人員確保の観点から意見交換をおこなった。

【教育】 タスク・シフト/シェアに伴い業務内容が変更となり、新たに教育の体制を構築することになることについて、座長から各演者に意見を求めた。

タスク・シフト/シェアを意識すると各施設での教育体制の重要性がより強調される。そして、清潔業務に関しては告示研修以外に基本技術的な教育を提供する場も望まれている。適切な技術のもと業務に携るための環境整備として知識・技術の維持・向上が必要。現場での教育は大切であり、また、やりがいを見いだせるように努めることが大切である。一方で、教育を行うためにも人員の余力は必要であるが、コツコツと継続することが大切であるとの見解が示された。医師からは、医師の教育を例に高度化、専門化が進む現状において、当直を含めた様々な業務を行うことができる **Generality** と各分野で求められる **Specialty** の双方が「臨床におけるニーズ」であるとの意見があった。

【清潔野での業務に携わる面白味】 既に清潔野での業務に携わっている演者に対して、やりがいに繋がる業務の面白味について座長より意見を求めた。

血管撮影以外にも様々な知識が求められる部分に面白味があること。CT や一般撮影などの検査とは違い治療に携わることがやりがいとなること。他のモダリティの業務で学んだ様々な知識を活用できたことが、血管撮影だけでなく他のモダリティに関連した放射線技術を学びたいというモチベーションにつながる経験をしたなどの見解が示された。

【IVR チームのスタッフとのコミュニケーション】 多職種連携が求められる職場であることを受け、コミュニケーションに関して座長より意見を求めた。

医師からは声をかけて欲しいと言われるが、若手ではなかなか難しいとの意見に医師からは、上司の考え、雰囲気づくりが非常に大切であるとともに、密なコミュニケーションがダブルチェックとなるとの見解が示された。医師との信頼関係の構築が極めて重要であることが確認され、ブリーフィングを有効に活用すること、部門の責任者が適切な知識を有し医師と対話する姿、つまり信頼関係が構築されている姿が若手に見えることが大切であるなどの見解が示された。また、カンファレンスへの定期的な参加や医師との日常的な会話が医師との信頼関係を構築するきっかけとなったなどの事例も共有された。一方で、間違っただけが悪い結果になるのではないかと医師との対話を妨げているとの意見が示された。これに対して、医師からはコミュニケーションをとりやすい/取りにくいなどの個人差もあるが、それ以前に間違っただけが行われようとしていることに気付いているがそれを指摘しないことが患者さんにとっても不利益であるとの見解が示された。万が一、医師への問いかけが誤っていたとしてもそれが許される環境整備が重要であるとの見解が共有された。

【人員確保について】 タスク・シフト/シェアの実施は人員の確保が前提であるが、施設の対応には差があるとの意見を受け、マネジメントの経験のある演者に座長より意見を求めた。

他の学会でのタスク・シフト/シェアに関するシンポジウムで、小規模な施設での成功事例が紹介される一方、中規模以上の施設で人員確保を含めてうまくいっていない事例があることが共有された。医師との信頼関係のもとに実施される業務であるため、その信頼関係の構築は重要であり、タスク・シフト/シェアの実施においては、余力、他のメディカルスタッフとの関係性など、様々な観点から調整が必要であるとの見解が示された。人員増については、病院執行部との調整に加えて、しっかりとした結果を出して、さらなる人員増につなげることが必要であるとの

見解も共有された。

### 【まとめ】

教育、清潔野での業務に携わる重要性、IVR チームスタッフとのコミュニケーション、人員確保などを含めディスカッションすることができた。医師からは、個人のスキル向上に対しては、当直業務含めた業務を実施できる **Generality** と各分野で求められる **Specialty** の双方の重要性が示された。 **Specialty** では、装置、臓器・病態などのあらゆる分野でもあり、これらの得意分野を作ることが個人のスキルアップさらには IVR チームとしての向上に欠かせない。

タスク・シフト/シェアにより現場における放射線技術の重要性がさらに増し、医師との信頼関係は自然に構築することはできない。しっかりとした放射線技術学を有する診療放射線技師と医師が対話することが重要である。タスク・シフト/シェアに対する取り組みは第 1 歩を踏み出したに過ぎず、すべての施設が取り組むべき課題である。各施設がをしっかりと検討し、IVRに関連する技術をエビデンスに基づき放射線技術学として向上させ、より IVR 技術の進歩に寄与していただけるように皆で務めていきたい。



## 『Multi energy CT の臨床における有用性を探る』

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中央病院（撮影部会委員）瓜倉 厚志

---

### 1. 教育講演, ワークショップ

2024 年 4 月 13 日に「Multi energy CT の臨床における有用性を探る」をテーマに教育講演と第 82 回撮影部会テーマ B:CT が開催された。教育講演では、野田佳史先生(岐阜大学医学部附属病院)より「新時代を見据えた CT 検査の実践」について、dual energy CT (DECT) 撮像に deep-learning image reconstruction を組み合わせることで 40 keV 等のいわゆる低 keV 画像の臨床利用が進み、造影剤減量や診断能・確診度向上について施設での経験をもとに DECT の実践についてご講演頂いた。Photon-counting CT (PCCT) を含む multi energy CT 時代に向けて、DECT の臨床について理解を深めることが出来た。ワークショップでは、大村知己先生(秋田県立循環器・脳脊髄センター)より「頭部領域における DECT の活用法」、三好利治先生(岐阜大学医学部附属病院)より「腹部領域における DECT の活用法」、大橋一也先生(名古屋市立大学医学部附属みどり市民病院)より「Photon counting CT 技術の基礎」、川畑秀一先生(大阪大学医学部附属病院)より「Photon counting CT の臨床」についてご講演を頂いた。DECT の臨床における有用性を整理するとともに、部位、疾患毎により有効かつ効率的な運用方法、PCCT の臨床における有用性についても議論を行った。

### 2. 会場でのディスカッション

Q:頭部領域の造影検査において DECT の有用な点はあるか

大村先生:脳実質の造影については、MRI の方が組織コントラストが優れているため有用と考えてる。一方、CT-angiography で造影不良となった症例では仮想単色画像を用いて造影効果を向上するために使用することは可能だが、低 keV 画像ではノイズの影響があるため、微細血管描出については限界もあるため注意が必要である。

Q:ご講演を拝聴すると先に MRI で見つかったものを物質弁別で見えていて、DECT でどのように見えてくるかをご検討されているようですが、先生方のご経験で DECT や PCCT で見ていたものを逆に MRI で確認するようなリサーチを行ったことはあるか？

大村先生:石灰化や骨に関しては CT の方が得意な領域なので、MRI で近年撮影されてきている bone like image については、MRI の正解画像として DECT は活用できるのではないかと考える。

川畑先生:PCCT で撮影した胆管癌の症例で単純の低 keV 画像で胆管のコントラストが高い症例があり、MRI で精査したところ胆管癌が確定した症例を経験している。

三好先生:対象臓器が小さい領域、副腎や膵臓、胆管癌などでは DECT が先行しているイメージがある。

大橋先生:リサーチとして組んではないが、CT で所見を発見することがあると MRI を撮像して、答え合わせがしたいと思うことはあるが、現時点では研究として取り組んでいるものはない。

Q:DECT や PCCT の運用では臨床医との連携が重要になると思うが、症例毎に DECT を適応するルールなどはあるのか？

大村先生:診療放射線技師だけで決めるものではなく、診断タスクに合わせて放射線科医もしくは臨床医との協議は大切であるが、診療放射線技師から医師へアプローチすることは戦略的に行うべきであり、論文などを参考にしながら DECT 撮影の有用性について意見をしていくことは重要と考えている。

三好先生:放射線科の先生に DECT について理解頂いているので、様々な症例に DECT を使用していく意識は高く、ヨードマップであれば pulmonary embolism, deep vein thrombosis ではよく使われているし、診断の確信度を上げる目的で低 keV 画像も良く利用している。一方、臨床医は一步遅れて技術を利用されるため、DECT が普及しているとは言えない現状もある。

大橋先生:基本的には、放射線科医と臨床医と診療放射線技師で調整を行っていくことが重要と考えている。

川畑先生:当院では放射線科医と協議をして決めている。診療医はまだ情報共有出来ていない部分も多いが、PCCT に興味を示している先生とは協議を始めている段階である。

Q:PCCT ではフラッシュスパイラルでも multi energy 撮影が出来るため、動きに強いフラッシュスパイラルの適応部位が多くなるのでないかと思うが、ノーマルスパイラルとフラッシュスパイラルの使い分けはどうしているのか？

大橋先生:通常はノーマルスパイラルで撮影している。心臓を含めたモーションを抑えたいケースでは、フラッシュスパイラルを小児も含めて使用している。

川畑先生:心疾患の症例ではフラッシュスパイラルを使用している。

Q:大村先生のご講演の中で、X-map のお話がありましたが、今後急性期脳梗塞の診断を CT のみで行うことは可能となるのか？

大村先生:講演でもお話ししたが可能性は感じているが、元々CT 値の変化の小さい領域を見ているため基準をどのように決めていくかはかなり難しい問題であり、現状で診断能を考えた場合、MRI には及ばないと考える。今後、PCCT においてノイズの問題が解決されて、アプリケーションが発達することで MRI と同等の診断能が得られることに期待したい。

### 3. おわりに

今回のワークショップでは、DECT の臨床使用と有用性を再確認するとともに、PCCT の装置特性と臨床使用について、現状と将来について議論を深めることが出来て大変有益であった。今回、ご講演頂いた先生方およびワークショップにご参加頂いた皆様に深く感謝申し上げたい。

## 『MRI の高速撮像のあゆみ』

座長：新潟大学医歯学総合病院（撮影部会委員）金沢 勉

徳島文理大学（撮影部会委員）山村憲一郎

本邦で MRI が臨床応用されておおよそ 40 年が経過した。MRI 撮像の発展の歴史は、撮像時間の短縮とともに歩んできたもいえる。ハードウェア面では高感度な受信コイルの開発や、静磁場の高磁場化が行われ、より高い信号雑音比 (Signal to noise ratio; SNR) が得られるようになり、撮像時間の短縮に寄与している。ソフトウェア面では、一度の励起パルスで複数の信号を収集する Fast spin echo (FSE)法をはじめとしたシーケンスの発展、また、パラレルイメージングや圧縮センシングを用いた方法などがあげられるが、いずれも k-space の充填方法を利用した方法である。加えて近年では Deep learning reconstruction (DLR)を用いた方法で、ノイズを除去することで高い SNR の画像を取得し、短い撮像時間によって SNR の低下した画像から、ノイズ部分を除去することで撮像時間の短縮を図っている方法が脚光を浴び始めている。

今回、教育講演では熊本大学病院の上谷浩之先生に、中枢神経領域の高速 MRI 撮像の臨床応用の演題にて、ご講演いただいた。内容は、診断能を向上させる撮像法が種々開発されているものの、撮影時間の延長が問題となっていることから、高速撮像の選択が必要である。しかしながら、高速撮像のデメリットもあるため、検査目的によって使い分ける必要性について言及された。具体的には Fast 3D モードと DLR, Compressed sensing と Spiral シーケンスについて、中枢疾患領域の疾患に焦点を当て、最新の MRI 高速撮像法による技術の進展と臨床応用についてお話いただき、その後ワークショップにも参加いただいた。

続くワークショップでは、撮像時間の短縮を議論する前に、「k-space と撮像時間」で基本的な知識と MRI 撮像の歴史を整理したうえで、従来方法の問題点の改良や新たな視点で生まれた「パラレルイメージング」「圧縮センシング」「DLR」を用いた撮像時間の短縮についてお話いただいた。

川崎幸病院の中孝文先生は、k-space の成り立ちをはじめとし、高速撮像技術の「パルスシーケンス型」「アンダーサンプリング型」「その他特殊型」に分かれる中で「アンダーサンプリング型」による撮像の高速化についてお話いただいた。

東海大学医学部付属病院の高野晋先生は、パラレルイメージングのステップ数を減らすことで撮像時間を短縮させる高速撮像技術のアルゴリズムの概要と、撮像時間短縮・モーションアーチファクト低減・時間分解能向上・ブラーリング低減・歪みの改善の光と、SNR の低下やリップアーチファクトの発生の影についてお話いただいた。

東京大学医学部附属病院の上山毅先生は、圧縮センシングのスパースモデリングを詳しく紐解き、その光である高速撮像に対して、ある程度正しそうな答えである圧縮された情報の MRI 画像を求める過程についてもお話いただき、臨床機ではブラックボックス化していることについて影として結ばれた。

熊本大学病院の森田康祐先生は、SENSE, SMASH, Compressed Sensing など時代に応じてセンセーショナルな手法として登場したのちに、MRI の高速撮像の技術撮像時間(検査時間)の短縮にさらなる貢献をしている人工知能について、熊本大学で使用している「CANON」「SIEMENS」「Philips」のベンダーごとに分けてお話いただき、それぞれの特徴を含めてお話いただいた。

個別の質問と続いて行われたシンポジウムでは以下の質問があった。

上山先生に質問：

圧縮センシングについて、撮像シーケンスによって向き不向きがあると思われるが、どのように考えられてい

るか？

上山先生の答え：

スパース変換したときに高周波側にノイズだけ残せるような撮像がいいのではないかと考えている。輪郭がしっかりあるものは問題ないと思うが、細かい構造のものは不向きではないかと考える。

質問：

当院では AI を使った圧縮センシングを使用している。FLAIR を撮影したときに低コントラスト分解能が悪くなっている印象がある。L1 ノルム正則化係数を大きくしたときに低コントラスト分解能が悪くなっているということはあるか？

上山先生の答え：

その通りかと思う。余計にデータを圧縮してしまっている可能性がある。

質問：

スパース性の違う MRA や FLAIR の時に、シーケンスごとに  $\lambda$  の値を最適化されているのか？

上山先生の答え：

開発の方しかわからないと思う。何となくであるが、シーケンスではなくリダクションファクタ(高速化の係数)が大きいほど圧縮の程度を高めているような気がする。早い撮像ほどデータの数が少なくなり、アーチファクトが増えると思われる。そのいらぬものを消そうとすると L1 ノルム正則化係数は大きくせざるを得ないと思われる。ただし、正確にはわからないため、ブラックボックス化している。

質問：

CS をはじめとする高速化の方法を使用せずに撮像することはあるのか？

中先生の答え：

ないと思いますが、2D FLAIR に関していえば、高速化の係数を弱めにしている。

質問：

高速化のパラメータを入れない状態と比べて、皆さんはどのように感じているか？

高野先生の答え：

当院では全部の検査・シーケンスに入れているかというところではない。2D か3D かで相性があるかと考える。ノイズがないというところで、高速化のパラメータを入れないときと比べて(?)違和感を感じる。高速化によってどこが損なわれているのかを詳細に検討することは大切であると思われる。

質問：

学校では MRI の検査時間は長いと教えられてくるが、実務では結構短い検査時間のことが多い。若い世代にどのように対処するのが良いと考えられるか？

中先生の答え：

高速化のパラメータが開発される前は、長時間かけて検査していたことを伝えるのがいいのではないか。

高野先生の答え：

若い世代にとっては当たり前になっているが、高速化のメリット・デメリットを教える必要がある。

上山先生の答え：

昔はこうだったんだというのは言わない方がいいのではないか。違和感という言葉で済ますのは技術者としてイマイチであるので、ちゃんと評価すべきではないかと考える。

森田先生の答え：

短い撮像時間とはどういうことかということをしかりとらえる必要があると思われる。短くなった検査時間の感覚は若い世代にとっては長いかもしれない。何を求めているかをとらえることが必要ではないかと考える。放射線科医師の指示に対して短い時間でよいのかを判断できる目が必要ではないかと考える。

上谷先生の答え：

どれくらい時短できるかは病院によって異なるのではないかと。精査を求められる状況では、時短によって空いた時間をほかの検査に回すとか、追加シーケンスに回すとかできるのではないかと考える。大学病院と市中病院では異なると思われるが、放射線科医師と診療放射線技師のコミュニケーションによって、シーケンスを選ぶことが大切であると思われる。

質問：

ここ数年で高速化の度合いが進んでおり、シーケンスに AI などが入っている。アーチファクトなどの検証は必要であると思われるが、画像のすべてを検証できるのか、そこに時間を割くべきなのかどうか、ご意見を伺いたい。

上谷先生の答え：

私は診断歴が長く、他院の画像も多く見ているので、高速化パラメータが入っているかどうかはわかると思う。しかし、これには膨大な時間と努力が必要である。他院から送られてきた画像にある病変が、自院の画像にはない場合、なぜ無くなったかを検証する必要はあると考える。

森田先生の答え：

検証するに越したことはないが、撮影した画像が真の画像であるかを見極める力は必要ではないか。しかしながら、検証できる方法が思いつかない。

質問：

新しい技術が出た時に、問題ないのかを検証する必要はあると考える。現在、撮像に使用している中で、どのような検証方法をされているのかを教えてください。

中先生の答え：

SNR やコントラストの物理的な評価や、DLR であれば掛けたものと掛けないものが出るので、双方を見比べることはしている。

高野先生の答え：

文章に用いる chatGPT など便利につかえていることから、医療の分野でも使うべきであると思われる。しかし、技術者としては「ここがおかしい」など気づける部分が大事であると思われる。目的が達成することができれば利用すべきだと思われる。技術者の側面と医療従事者の側面が必要ではないかと考える。

上山先生の答え：

輪郭がちゃんと出ているかどうかなどの評価をしている。今までの画像評価はリニアな結果が多かったが、リニアな結果が出ないことに慣れることが必要であるかもしれない。

森田先生の答え：

元の画質が基本となるが、コントラストや空間分解能は検討したうえで、アルゴリズムが適用できるのかなどの特性を知ったうえで受け入れていき、日ごろの検査にどのように適応するかが必要ではないかと考える。

質問：

医師の立場から、新しい技術が出てきたときに使えるかどうかどのように望まれるか。

上谷先生の答え:

論文の情報、ベンダーの提示した条件などを間に受けないことが必要ではないか. それらの情報を自院に落とし込むことが必要であると思われる. 高速化パラメータを使用して, 不具合があれば元のシーケンスに立ち返ることも必要ではないかと考える.

### 教育講演

高速撮像の臨床応用

熊本大学病院 上谷浩之

### ワークショップ

k-space と撮像時間

川崎幸病院 中 孝文

パラレルイメージングの光と影

東海大学医学部附属病院 高野 晋

圧縮センシングの光と影

東京大学医学部附属病院 上山 毅

高速撮像の最新技術

熊本大学病院 森田康祐



## お知らせ

### 『叢書（41）単純 X 線撮影における品質管理マニュアル』の発刊

北里大学病院（撮影部会委員）

関 将志

この度、叢書 41「単純 X 線撮影における品質管理マニュアル」を発刊する運びとなりました。

本叢書は「画像の合格基準」と「装置管理」の 2 部構成となっています。「画像の合格基準」では撮影体位、撮像範囲、画像処理、チェックポイント、留意事項から構成されており、さまざまな撮影部位について標準的な撮影方法および画像のチェックポイントについて記載しました。留意事項等に施設ごとの取り決めに追記することで、マニュアルとしても使用できる作りとなっています。また、白紙のページを数枚用意しました。施設で採用されている特殊な撮影方法について記載するなど、唯一無二のマニュアルとして活用していただきたいと思っております。「装置管理」では、X 線撮影システムの品質管理に必要な規格について解説しました。受入試験から日常管理まで幅広い内容となっています。

診療放射線技師として就職した際に、最初の業務として単純 X 線撮影を担当することは少なくありません。しかし、多くのモダリティを担当する現在では、単純 X 線撮影のみを専門にすることは大学病院や大規模病院の特殊な場合を除き、ほとんどありません。そのため一貫性のある基準や手順の確立が難しく、施設間や個人間での違いやばらつきが生じている可能性があります。また、医療技術は日進月歩であり、以前当たり前であった画像の判断基準が変化している可能性があります。

そこで、撮影部会として、乳房撮影やCT検査の標準化に取り組んできた実績から、叢書としてエビデンスのある基本的な画像の合格基準を提案し、その後セミナーを開催していく予定です。施設の環境や医師の要望を加味した各施設に特化した合格基準が出来上がるサポートをしていきたいと考えています。

ぜひ、本書を手にとってセミナーにご参加いただきたく思っています。

**書 名:**放射線医療技術学叢書(41)「単純 X 線撮影における品質管理マニュアル」

**企 画:**撮影部会

**頒布価格:**1,500 円(消費税込, 送料学会負担), A4 版, 本文 140 頁

この叢書は、関連する企業の協賛をいただき、その広告料をもって頒布価格を安くすることができました。

**主要内容:** 総 説:単純 X 線撮影システム

第 1 章:画像の合格基準

第 2 章:装置管理

**発 刊 日:**2024 年 8 月 23 日

**購入方法:** 本会ホームページ“書籍ウェブショップ”

<https://service.jsrt.or.jp/ec/>よりお申し込みください。

**問 合 先:** 学会事務局書籍担当 E-mail [blaetter@jsrt.or.jp](mailto:blaetter@jsrt.or.jp)

## ■ 第84回撮影部会の予定

日時：2025年4月10日（木）～13日（日）

会場：パシフィコ横浜

テーマA：一般分科会

「乳がん診療を極める～各モダリティの撮影技術押さえどころ～」

テーマB：CT分科会

「高精細CTの臨床」

テーマC：MR分科会

「婦人科MRI：疾患描出のポイント」

## ■ 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鋸屋町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（りんくう総合医療センター）

委員：東 丈雄（大阪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）

高木 卓（千葉市立海浜病院）

三好 利治（岐阜大学医学部附属病院）

山品 博子（福島県立医科大学）

三宅 博之（川崎市立井田病院）

瓜倉 厚志（国立がん研究センター中央病院）

小山 智美（聖路加国際病院）

高尾 由範（大阪公立大学医学部附属病院）

前田 佳彦（高浜豊田病院 健診センター）

森田 康祐（熊本大学医学部附属病院）

山村憲一郎（徳島文理大学）

## ●編集後記●

会員の皆様、沖縄コンベンションセンターで開催される第1回日本放射線医療技術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。

学術企画③は一般分科会、画像部会、JART 骨関節撮影分科会との合同企画で、X線撮影をテーマに取り上げました。「X線撮影の標準化を考える」と題して、4名の先生方にご講演していただきます。学術企画⑭はCT・MR分科会、JART 画像等手術支援分科会との合同企画で、手術支援画像をテーマに取り上げました。教育講演では琉球大学病院 胸部心臓血管外科学講座 永野貴昭先生に、『心臓血管外科領域における手術支援画像の必要性とその実際～画像構築スキルは、手術成績向上、合併症回避に不可欠なツール～』と題してご講演していただきます。ワークショップでは「手術支援画像作成のためにすべきことは」と題して、4名の先生方にご講演していただきます。

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：関

撮影部会誌 よりよい撮影技術を求めて Vol.32 No.2 通巻83 2024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鋸屋町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](mailto:office@jsrt.or.jp)

ホームページアドレス <http://www.jsrt.or.jp>