

核医学部会誌

CONTENTS

Vol. 46 No.1 (通巻 90) 2025 年 4 月

☆巻頭言

島津製作所 水田 哲郎

☆お知らせ

1. 核医学部会 入会のお誘い
2. SNS の活用について
3. 文献データベース紹介
4. 第 28 回核医学技術研修会のご案内
5. 日本核医学専門技師認定機構からのご案内
6. 研究室紹介に関する寄稿募集のご案内

☆第 81 回総会学術大会 教育講演

「日本から世界へ：産学官連携による革新的核医学診療の展開」発表前抄録
大阪大学 畑澤 順

☆第 89 回核医学部会ミニシンポジウム

「連携のチカラが生む新たな価値 ～研究と技術が拓く社会への貢献～」発表前抄録

1. 医工「連携」から「融合」へ：理工系研究者の視点から 秋田県立循環器・脳脊髄センター 茨木 正信
2. 産学連携による頭部・乳房用 PET 装置の臨床評価 島津製作所 水田 哲郎
3. 教員が紡ぐ産学医工連携 金沢大学 澁谷 孝行

☆第 1 回日本放射線医療技術学術大会 学術企画 JSRT 核医学部会

「現場で診断に寄与する撮影技術」発表後抄録

1. 心筋血流シンチの信頼性向上へ ～臨床で役立つ心外集積抑制法～ 白川厚生総合病院 小室 敦司
2. 腹臥位乳房 PET/CT 検査マスターへの道 MIクリニック 桃井 理紗
3. センチネルリンパ節シンチグラフィに求められる知識と技術 川崎医科大学総合医療センター 宮井 将宏

☆核医学学術講演会参加印象記

：主催者から

がん研究会有明病院 梅田 拓朗

純真学園大学 筒井 悠治

：参加者から

東京大学医学部附属病院 佐藤 友裕

宮崎大学医学部附属病院 黒木 莉香

大分大学医学部附属病院 牧野 愁平

☆第 27 回核医学技術研修会参加印象記

：主催者から

：参加者から

北海道大学病院 前田 佑介

札幌医科大学附属病院 加藤 駿平

北海道大学病院 平野 佑亮

☆編集後記

大阪大学医学部附属病院 神谷 貴史

公益社団法人日本放射線技術学会 核医学部会

核医学部会からのお知らせ

JSRT では会員カードでの参加履歴記録システムを導入しています。
入門講座・専門講座・部会の参加には会員カードをご持参ください。

PET の研究業界で学ばせていただいたこと

島津製作所 水田 哲郎

2023 年春より核医学部会委員を拝命しております水田哲郎と申します。今年は、私が PET 装置・技術に出会ってからちょうど 30 年目にあたります。そのような節目に部会誌の巻頭言の執筆を仰せつかりましたので、大変僥越ながら私の自己紹介を含め、この研究業界で学ばせていただけてきたことを振り返り記させていただきたいと思います。

医療にエンジニアの観点から関わりたいという漠然とした思いで工学部に入学した私は、ドーム型の機械に入ると輪切りや 3 次元画像が得られる CT や MRI といった最先端の画像装置が現場で診断に貢献していることを知りました。そのような中、1995 年（大学 2 年）の「量子力学」の講義で教壇に立たれていた石井慶造先生（筆者の恩師）が眠そうにしている学生を名指しし、「PET は、今君の脳がどれだけ働いているのか、あるいは目は起きていても頭は寝ているかなどを、画像と数値で映し出すことができるんだよ」との説明をされました。その時私は「最先端の CT や MRI で切り出しても見る事が出来なような活動が切らずに分かる」ということを強烈に印象付けられ、将来 PET は最も貢献する医療技術になるのではないかと感じて研究室を決定しました。学部・大学院時代は吸収・散乱などのデータ補正アルゴリズムを、入社後はその他のデータ補正や定量解析・画像再構成などソフトウェアを中心としながらも、システムデザインからハードウェアを含む設計全体にも携わらせていただけてきました。

ユーザ様と一緒に学術活動をさせていただく機会に恵まれ、多くの先生方が成しえるべき目標（標準化・診療報酬技術提案など）を定め、学術報告という形式を利用してエビデンスを積み上げていくプロセスをとられていることを学ばせていただきました。共同研究を実施させていただいた先生方からは、新たな手法を学術機関がバリデーションすることで客観的なエビデンスとなること、またその成果は海外に対しても説明根拠となることを学ばせていただきました。PET の技術や応用範囲の可能性は今も色あせることはなく広がりつつありますが、これらを真に貢献できる形にしていくために、今後も学術報告という場のご支援をいただきながら、微力ながら新分野確立に取り組ませていただきたいという思いをお示しさせていただき、巻頭言と代えさせていただきたいと思います。

お知らせ

核医学部会 入会のご案内

核医学部会会長 孫田 恵一(北海道大学病院)

平素より公益社団法人日本放射線技術学会核医学部会の活動に対してご支援、ご指導を賜り、会員の皆様に心より感謝し御礼申し上げます。

核医学部会は、日本放射線技術学会の専門分科会として1980年に設立され、今日まで核医学検査技術学の向上を目指す多くの会員により構成されてきました。2015年からは名称を核医学分科会から核医学部会へ変更し、さらに皆様のお役に立てるような企画、運営を目指して活動しております。

日本放射線技術学会は、専門部会への入会を促進するために、2022年3月より **1つ目の専門部会は無料**、2つ目以降は1部会につき1,000円で入会できるようになりました。これまで以上に気軽に入会いただけるようになりました。是非この機会に、周りの皆様にお声がけ頂き、核医学部会への入会をご検討いただければと思います。部会の活動を通じて核医学検査技術を究め、日常の臨床業務、研究活動に活かしていただければと思います。

核医学部会入会のメリット

1. 核医学検査技術に関する最新情報や、臨床に役立つ情報が入手できます
2. 核医学部会誌の優先閲覧（部会会員は3か月前倒し）ができます

なお、核医学部会には、学会ホームページにある部会入会申し込みサイトから、いつでもご入会いただけます

<http://nm.jsrt.or.jp/index.html>

核医学部会の主な活動

1. 総会学術大会および秋季大会での核医学部会の開催
(教育講演、基礎講演、ミニシンポジウム、技術討論会など)
2. 核医学部会誌（電子版）の発行（年2回）
3. 核医学技術研修会の開催（核医学内用療法線量評価演習）
4. 核医学検査技術関連の叢書の発刊
5. 研究活動の支援（デジタルファントムなどの提供）

JSRT核医学部会【公式】 Facebookのご案内



- ✓ 部会誌やHPよりもいち早く情報をお届け
- ✓ ここだけの情報もあります
- ✓ 写真や画像での情報提供が盛りだくさん
- ✓ 核医学部会に未入会のJSRT会員もフォロー可能



地方支部のお知らせ等も掲載可能
です！ご希望の方は、部会委員ま
でご連絡ください ☺

<https://www.facebook.com/jsrt.nm/>

Please Follow Me !



論文データベースの紹介

学会発表，論文作成をする上で，実験方法や解析結果の妥当性を確認するために類似した過去の研究を調べたいが，時間がない・面倒と思う方は少なくないと思います．MEDLINE や Google scholar, PubMed などの文献検索ツールは豊富にありますが，「リストされる膨大な文献を精査するのは大変．しかも英語だと理解しづらいし・・・」との声も聞かれます．

そこで核医学部会では，研究の初学者向けに核医学技術に関する論文データベースを作成しました．核医学研究をするための核医学論文データベースは核医学部会 HP から無料で閲覧・ダウンロードを可能にしています．是非ご活用ください．

本データベースは部会の専門性を活かして以下の特長があります．

- ・論文の特徴，最新研究，臨床動向との関連性など有用なコメントを付加
- ・英語論文でも，その主たる内容は日本語で解説
- ・核医学（技術・治療）に関する古典から最新技術の基礎まで厳選された論文をリストアップ
- ・文献名，著者名，出典(雑誌)名，キーワード，概要文による検索が可能．

本データベースは核医学部会 HP の論文紹介から無料で PDF を閲覧・ダウンロードすることができます．

現在、厳選した 200 編程の論文を掲載しております．初学者から熟練者まで，会員の皆様の研究活動の一助になれば幸いです．

第 28 回 核医学技術研修会

「核医学内用療法の線量評価はどうなっている？」— CCF から解析まで —

核医学部会、東北支部

核医学部会は、核医学画像を取り扱う知識と技術の理解・習得を目的に、「演習・実習」を主とした核医学技術研修会を開催しています。今回のテーマは「核医学内用療法の線量評価はどうなっている？」と題して、内用療法の線量評価について、SPECT 装置での校正から臓器吸収線量法の理解および習得を目的としたハンズオン形式の研修会を開催します。核医学定量画像から吸収線量を算出する dosimetry の基礎と一連の算出手順を学び、さらに算出される値の信頼性と危険性を理解して核医学治療の品質向上を後押しすることを目的としております。Hybrid 講習会として 2 つ会場にて同時開催いたします。初学者の方から経験豊富な方まで、どなたでも奮ってご参加ください。

- ・会場：福島県立医科大学(駅前キャンパス)
秋田県立循環器・脳脊髄センター
- ・日時：2025 年 7 月 26 日(土)9:30~17:30(受付開始 9:00~)
- ・参加費：会員 6000 円、非会員 12000 円
- ・募集人数：20 名~30 名(希望会場にて受講)
- ・申込期間：2025 年 5 月 5 日(月)正午 ~ 6 月 20 日(金)正午
- ・申込方法：会員システム『RacNe(ラクネ)』にログインしてお申し込みください。

非会員の方もご利用いただけます。申し込み手続きをする前に、申込の手順をご一読ください。

※お申し込み後、登録確認メールを受信できない場合は、お問い合わせください。

※申し込み締め切り後に受講の可否について連絡がない場合は、お問い合わせください。

※メールが届かない場合、迷惑メールフォルダに入っていないかご確認ください。

※セミナー参加費については原則、返金できませんので、予めご了承ください。

- ・プログラム：2025 年 7 月 26 日(土)
 - 9:00~ 開場、受付開始
 - 9:30~ 開会式
 - 9:45~ 基礎講義1「Dosimetry の概要(仮)」
 - 10:45~ 基礎講義2「Dosimetry に孕む危険性(仮)」
 - 11:15~ 実技1「解析ソフトウェアの取扱説明・動作確認(仮)」
 - 13:15~ 実技2「コンツールリングと吸収線量測定(仮)」
 - 15:45~ グループディスカッション(解析結果のプレゼン)
 - 17:20~ 閉会式
- ・携帯品：○自身のノートパソコン(で Office (Excel, Power Point), 画面が大きく、マウス使用が好ましい。
○解析ソフトウェアは 3D Slicer(Windows、MacPC 可)など使用予定です。

- ・問合先：福島県立医科大学 診療放射線科学科
宮司 典明(みやじ のりあき) E-mail miyaji41@fmu.ac.jp

日本核医学専門技師認定機構からのご案内

日本核医学専門技師認定機構
理事長 對間 博之

2024年の日本核医学専門技師認定機構の事業日程(予定)についてご案内します。
詳細につきましては、随時、機構のホームページにてお知らせしますのでご参照いただき、ご応募いただけますようお願いいたします。

記

1. 第18回 核医学専門技師研修セミナー(対象:核医学専門技師)

第16回 核医学専門技師養成講座(対象:認定試験受験予定者)

開催期間	研修セミナー2025年4月21日(月)～5月31日(土) 養成講座 2025年5月27日(火)～8月1日(金)
実施形式	e-learning
受講料	養成講座:8,000円 研修セミナー:11,000円(いずれもテキスト代含む)
申込期間	研修セミナー2025年3月7日(金)～5月23日(金) 養成講座 2025年3月7日(金)～7月31日(木)

※申し込み・ご入金から受講用URL送付までお時間をいただきますので、
受講の際は早めにお申し込みください。

2. 第20回 核医学専門技師認定試験

開催日	2025年8月2日(土)
会場	5会場(東北(東北大学)・東京(日本医科大学付属病院)・ 名古屋(名鉄病院)・大阪(住友病院)・岡山(岡山シティ ホール桑田町))
申込期間	2025年4月1日(火)～5月2日(金)
受験料	10,000円

3. 2025年度 核医学専門技師認定更新

対象:第5,第10回核医学専門技師認定試験合格者

(認定者番号:376～419,581～632)

申込期間 2025年6月1日から2025年7月31日まで

*上記は、あくまで事業日程(予定)ですので、会場等が変更になる可能性があります。よって、受講希望の方はホームページに掲載される詳細情報をご確認のうえお申込ください。

日本核医学専門技師認定機構(ホームページ:<https://www.jbnmt.org>)

お知らせ

大学院・研究室紹介寄稿のお願い

核医学部会誌編集担当

矢田 伸広, 神谷 貴史

核医学部会誌では各研究室にお願いして研究室紹介の寄稿をいただき、会員が社会人大学院の進学を希望する際に有用な情報の提供を行ってきました。この度、大学院・研究室紹介に関する寄稿を広く募り、2025 年の秋(10 月)に発行する予定の核医学部会誌にていただいた原稿を全て掲載することが決まりました。掲載を希望する先生方におきましては、執筆を希望する旨を連絡くださいますよう、よろしくお願いいたします。

申込期間：2025 年 4 月 7 日（月）～7 月 4 日（金）

原稿〆切：2025 年 7 月 31 日（木）

原稿：word にて A4 4 枚以内

申込方法：核医学部会誌編集担当 矢田 伸広 yata@med.shimane-u.ac.jp
神谷 貴史 ka38@hp-rad.med.osaka-u.ac.jp

上記アドレスに「研究室紹介希望」と題して連絡をしてください。こちらからフォーマットファイルを返信いたします。以前、部会誌に掲載された原稿を再掲したい研究室に関しても対応いたしますので、その旨を連絡してください。

—— お知らせ ——

女性活躍推進委員会



“はなみずきの会”について

日本核医学技術学会

理事長 山本 智朗

女性活躍推進委員会担当理事 太田 三恵子

はなみずきの会では、学会活動を通じて女性技師の活躍を支援し、女性も男性も共にその恩恵を享受できる取り組みを推進しています。

現在、以下の活動を進めています。

- ・ **ネットワークの拡大**

同じ志を持つ女性や専門家とのつながりを深め、将来的な協力や情報交換が可能となる場を提供します。

- ・ **学会活動の支援**

研究支援や学会発表の機会を通じて、女性技師が積極的に参加したいと思えるような学会づくりを進めていきます。

- ・ **働き方改革への貢献**

誰もが働きやすい職場環境の整備を進めることで、一人ひとりがより快適に仕事に取り組めるようなアイデアを提案します。

★Facebook や Instagram などの SNS でも活動情報を発信しています。

ぜひフォローをお願いいたします！



・ Facebook ・



MIZUKI H20230730

・ Instagram ・

日本から世界へ：産学官連携による革新的核医学診療の展開

Innovation of Nuclear Medicine Practice from Japan to the Globe Based on the Academia, Industry, and Government Coordination

大阪大学
畑澤 順

日本の核医学は、アカデミア、企業、省庁の協働を基盤に世界の核医学を革新する技術を発信してきた。病院内に可能な小型サイクロトロン（東京大/日本製鋼所、住友重機）、PET（放射線医学総合研究所/日立製作所、秋田県立脳血管研究センター/島津製作所）、FDG PET による悪性腫瘍診断（東北大）、PET/CT 原型（群馬大）、高分解能 SPECT（金沢大/東芝）、世界初の PET 保険診療、FDG PET による検診（東海大/山中湖クリニック）、PET-MR 原型（大阪大・神戸高専/日立金属）、脳画像解析（国立精神神経センター）などである。現在も、臓器特異的 PET、全身 PET など研究開発が進んでいる。これらの中で、成功例にはある共通する因子を見いだすことができる。本講演では、具体的な成功例を紹介しながら成功のための共通点を提示する。

医工「連携」から「融合」へ：理工系研究者の視点から

秋田県立循環器・脳脊髄センター
茨木 正信

理工系研究者の視点から、多職種連携についてお話ししたいと思います。まず演者の背景を説明させて頂くと、当施設は脳と循環器に特化した地方の公的病院ではありますが、放射線部門には自分を含め数名の理工系研究者も所属し、一部臨床業務に携わりながら研究活動を行っています。演者自身は、PET 画像解析を興味を中心に据えつつ、他モダリティ（MR, CT）を含めた脳機能画像研究をこれまで行ってきました。理工系研究者にとって多職種連携が重要なことは言うまでもありません。「理工学研究」ではなく「医学研究」として成立させるには、医師、放射線技師との連携がその根幹と感じています。研究アイデアを貰い、さらに内容を深めていく過程は、医工「連携」よりは「融合」の方が適当かもしれません。加えて、病院側と装置メーカーとの連携も理工系研究者が寄与できる場面と言えます。演者の特殊な状況が有用な情報になるか定かではありませんが、PET 研究の実例を交えてお話しできればと考えています。

産学連携による頭部・乳房用 PET 装置の臨床評価

島津製作所
水田 哲郎

本講演では、頭部・乳房用 PET 装置（本 PET 装置）のプロトタイプを用いた近畿大学医学部・島津製作所の共同研究事例(2020～2022 年)を紹介する. 一般的に PET 装置の性能は NEMA 等の物理学的指標値で示されるが、臨床診断においてどのようなインパクトを与えるかは予測しにくいという課題がある. そこで、従来型全身 PET 装置での標準的な撮像プロトコルの後に本 PET 装置での撮像を行い、得られた 2 つの PET 画像を比較することで、新たな知見が得られるかどうかを検討した. その結果、従来型全身 PET では分離が困難であった薬剤分布構造を明瞭に描出し、診断精度の向上に寄与する可能性があることが示唆された.

本講演では、本共同研究を開始するに至った背景、特定臨床研究としての実施、研究成果の公表などを振り返りながら、産学連携で臨床評価を推進することの意義を報告する.

教員が紡ぐ産学医工連携

金沢大学
澁谷 孝行

診療放射線技師養成校の教員として研究を進める上で、産学医工連携は極めて重要な役割を果たす。特に、多くの養成校では学内に核医学実験施設を持たないことが一般的であり、この制約を克服するためには企業、関連病院、協力施設との連携が不可欠である。これらの連携がなければ、研究はシミュレーションやデジタルファントムを用いた実機を伴わない方法に限定され、研究領域や成果が大きく制約される可能性がある。

演者は、関連病院の医師や診療放射線技師と密接に連携しながら共同研究を進める中で、これらの協働が研究成果の向上に寄与する重要な要素であると実感している。また、地域の診療放射線技師、企業、工学系の研究者との共同研究にも積極的に参画し、幅広い視点からの研究を実施してきた。このような連携により、新たな研究手法の開発や臨床現場での応用を実現する成果を得ている。

本講演では、これまでの具体的な研究事例を通じて、産学医工分野の研究者や関係機関とどのように協働し、新たな研究領域を展開してきたかを紹介する。

心筋血流シンチの信頼性向上へ ～臨床で役立つ心外集積抑制法～

白河厚生総合病院 小室 敦司

1. 心筋血流シンチグラフィに影響する因子

心筋血流シンチグラフィ（以下、心筋シンチ）に影響を与える要因は様々で、心拍動や呼吸、個体差および心臓周辺臓器による減弱、そして横隔膜下の臓器集積（以下、心外集積）による散乱線、ストリークアーチファクト（図1）、部分容積効果（図2）が挙げられる。

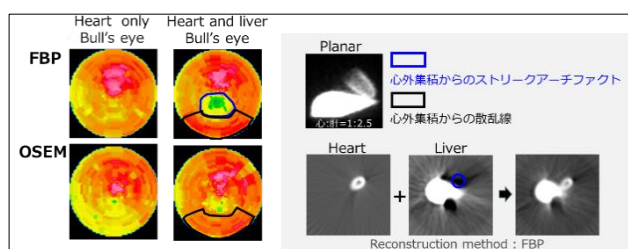


図1

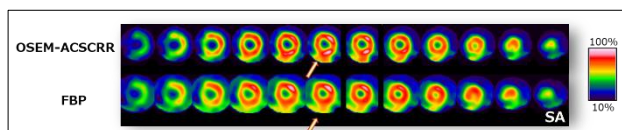


図2

2. 心筋血流製剤の消化管集積

1. で述べた図1, 図2の影響は心筋血流製剤の消化管集積によるものであり, ^{99m}Tc -MIBI を例に挙げる¹⁾ (図3) が特に心筋下壁への影響が大きいことが予測できる。これにより正確な血流分布の評価が困難な場合を経験する。

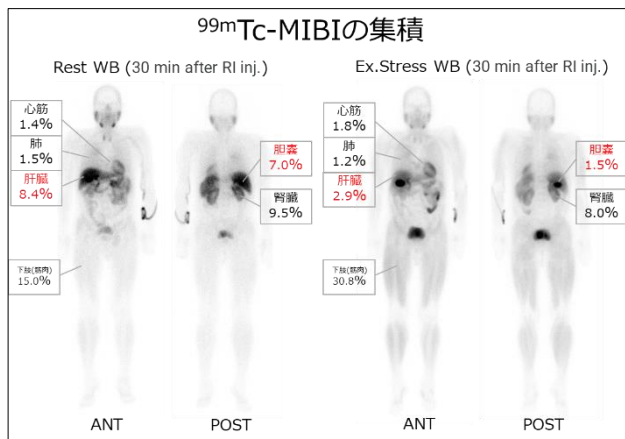


図3

3. 心外集積抑制法

今回紹介する心外集積抑制法（Masking process on unsmoothed images 以下、MUS法）²⁾は、従来の心筋シンチにおける画像処理において、再構成・スムージングを行った後にリフォーマットし必要に応じてマスクングという処理の流れを、高周波ノイズ低減を目的としたスムージングが心外集積にも適用される結果、心筋に影響を及ぼすことに着目し、スムージング処理を行う前に心筋と心外集積が分離できている時点で心外集積をマスクアウトする手法（図4）で、心外集積による部分容積効果の影響を抑制する効果が得られる。

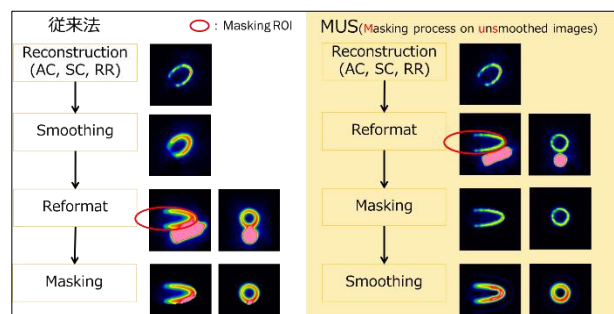


図4

MUS法はシンプルな考え方であり、患者に負担はなく検査スループットにも影響しない。心外集積の頻度が比較的高いとされるテクネシウム心筋血流製剤でより抑制効果を発揮し、画像処理をする診療放射線技師、読影をする医師のストレスが少しでも緩和できることが期待できる。

4. 心筋 phantom を用いた MUS 法の効果

心筋 Phantom を用いて従来法と MUS 法を比較しその効果を示す（図5）。従来法では心外集積が心筋濃度1に対し0.5倍で13.4%, 1.5倍で57.4%, 前壁に対し下壁が増加してしまうが、MUS法では0.8%, -0.1%と抑制効果を発揮している。

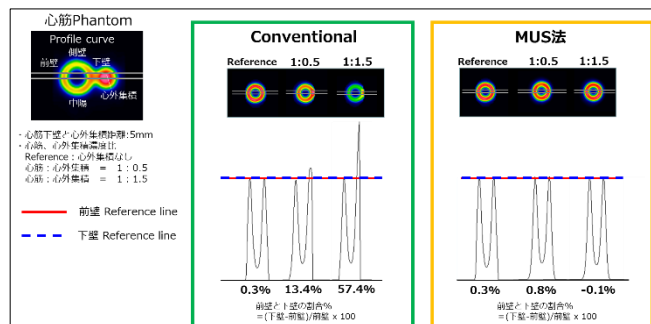


図5

5. MUS法の効果を上げるコツ

MUS法は心筋下壁と心外集積との距離を離すことが重要になり，分解能補正を組み込んだ再構成法の選択やピクセルサイズを小さくすることでより効果を発揮する。(図6)

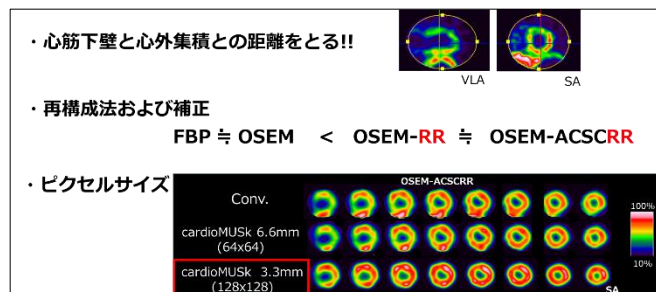


図6

6. 臨床例1：偽陽性の改善

58歳の男性，#6に対しPCIを行い8か月後にアデノシン負荷MPIにてフォローアップを行った。従来法では安静時で心外集積の影響により下壁以外が低下しており偽陽性が生じた。(図7)これを改善するために下壁の影響を除外し，下壁以外の心筋カウントにて表示補正を行った結果が図8になる。偽陽性は改善されたが下壁の影響は改善されていない。MUS法を行った結果が図9になる。偽陽性もなく下壁の心外集積抑制効果もあり正確な診断が行える結果となった。読影医からのコメントとして「従来法とMUS法を比較して従来法では心外集積により下壁の評価が困難であるが，MUS法ではその影響が抑制され下壁にも誘発虚血や固定性欠損がないことが明らかである。」レポートには明らかな誘発虚血や固定欠損なしと診断された。

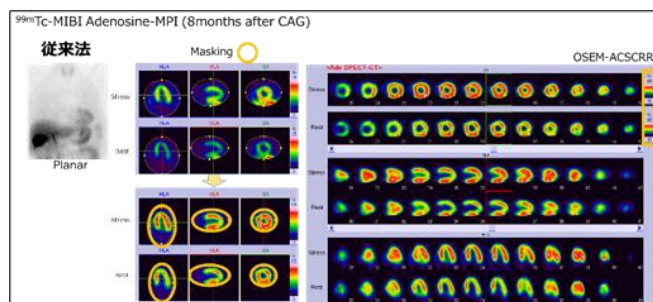


図7

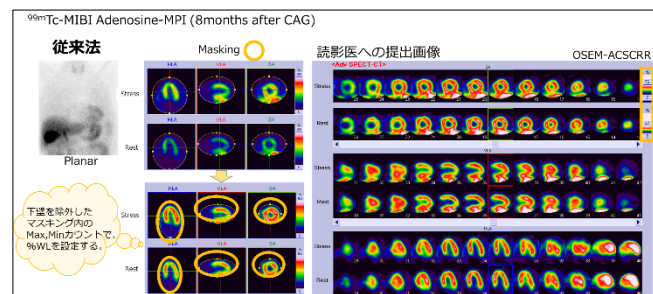


図8

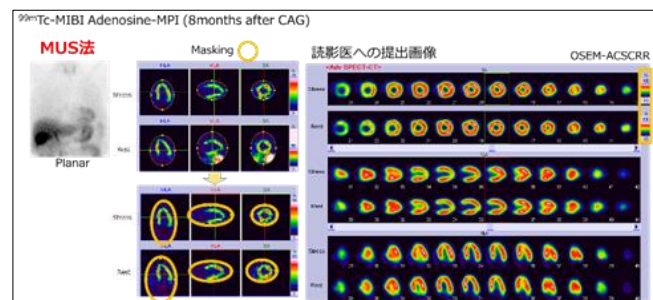


図9

7. 臨床例2：偽陰性の改善

72歳の男性，#7，#9，#11に対しPCIを行い9か月後にアデノシン負荷MPIにてフォローアップを行った。従来法では安静，負荷時ともに心外集積の影響により下壁以外が低下しており偽陽性が生じた。(図10)これを改善するために下壁の影響を除外し，下壁以外の心筋カウントにて表示補正を行った結果が図11になる。#11はPCI後に閉塞していたためその領域での血流低下は確認できるが下壁の影響は改善されない。MUS法を行った結果が図12になる。#11の領域は低下したままで下壁にて安静時と負荷時でのミスマッチがあり虚血が誘発されたことが分かる。読影医からのコメントとして「従来法とMUS法を比較して従来法では上部消化管への高集積によ

る部分容積効果のため評価困難になっているが、MUS 法ではその影響が大きく抑制されており、負荷検査による下壁の誘発虚血が明瞭に描出されている。」レポートには負荷後像で前壁中隔～心尖にかけ中等度、後下壁～下部側壁心基部よりで中等度以上の集積低下あり。安静時像でそれぞれ部分 fill in ありと診断され、後日 CAG にて新規病変#3-99%を確認し同部位に PCI が施行された。

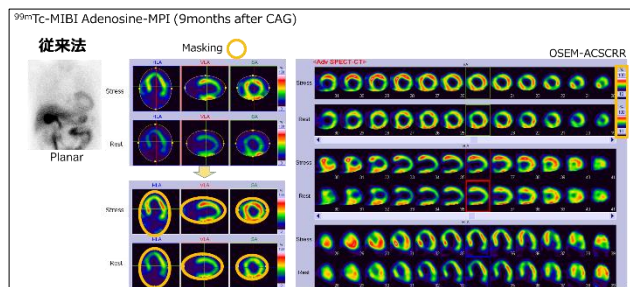


図 1 0

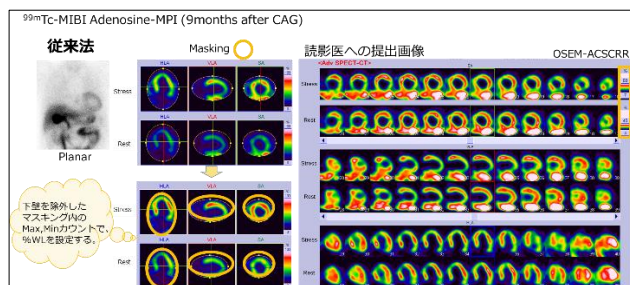


図 1 1

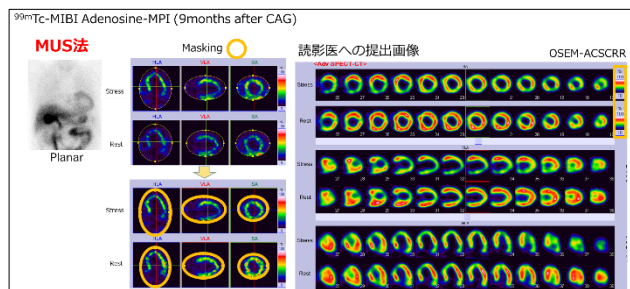


図 1 2

8. 読影レポート調査

MUS 法を実施した前後 100 件の読影レポート調査を行った。実施前 100 件中 3 件で心外集積により下壁の診断不能と記載され、画像から 23 件で中等度、56 件で軽度の心外集積の影響を確認した。実施後は心外集積による下壁の診断不能の記載は 0 件になり、画像から 7 件で軽度の心外集積の影響を確認したが大幅に減少した。

9. さいごに

MUS 法はスムージングフィルタによる心外集積からの部分容積効果を抑制し、画像作成時の工夫であり、患者に負担をかけない。画像作成時(放射線技師)、読影時(医師)のストレス軽減にも期待ができ信頼性向上に有用な手法である。

当院でもこの手法を採用し 4 年以上経過するが、心外集積の影響がない症例でも全症例ルーチン化し、読影レポートから「心外集積により下壁の評価が困難」という文字はなくなった。より効果的に発揮する最適な画像収集・再構成条件、各種補正の組み合わせを活かし各施設で使用していただきたい。

参考文献

- 1) 久保敦司, 中村佳代子, 三宮敏和他. ^{99m}Tc -MIBI の第 I 相臨床試験. 核医学 1991 ; 28(10) : 1143-1150.
- 2) 小室敦司, 寺岡悟見, 石川寧他. ^{99m}Tc 心筋血流 SPECT における横隔膜下高集積の影響を抑制する手法の考案ならびに画像再構成法を含めた有用性の検討. 核医学技術 2021 ; 41(4) : 431-441.

腹臥位乳房 PET/CT 検査マスターへの道

MI クリニック 桃井 理紗

はじめに

罹患率・死亡率ともに年々増加している乳癌において、そのスクリーニングにはマンモグラフィ検査や超音波検査、精密検査には造影 MRI 検査が有用とされており、 ^{18}F -FDG-PET/CT 検査は局所の評価よりもリンパ節転移や遠隔転移の評価に用いられることが主であった^{1, 2)}。半導体検出器搭載の装置や乳房専用装置を用いることで、より高分解能な画像取得が可能になってはいるものの、これら装置の稼働台数は PET 装置全体の十数%程度と未だ十分な普及には至っていない³⁾。また、乳房専用 PET は装置の構造から胸壁付近の病変は検出が難しいという問題が残っている。一方、光電子増倍管 (PMT: Photomultiplier Tube) を用いた従来の PET/CT 装置の性能技術も大きく進歩し、呼吸同期の併用や分解能の補正が可能な装置が増えてきている。また、乳がんの診断において、腹臥位にて乳房を下垂させることで、乳腺の広がりがよく観察でき、病変の描出能が向上したという報告^{5, 7)}がある。

そこで今回、全身用 PMT-PET/CT 装置を用いた腹臥位乳房画像における、呼吸同期や分解能がもたらす影響について評価し、最適な再構成条件を確立した。その報告とともに、当院での運用や経験から得られたポジショニング時のポイント、新たな撮像法によって病変がより精細に描出された症例について紹介する。

1. 補助具の準備

腹臥位で体勢を固定するために、様々な専用補助具⁵⁻⁸⁾が使われているが、我々は乳房 MRI 検査のコイルセッティングを参考に、院内に既存のクッションやタオルを図1のよう

に設置した。ポイントとして、呼吸を妨げずに顔を正面にするため、額の下にタオルを置き、腹部の下には傾斜のついたクッションを置くことで背中や腰の負担が軽減するよう工夫した。また、乳房 MRI コイルと乳房専用 PET のホールサイズがともに約 18cm であり、乳房が収まる空間の目安として、手を広げた状態で親指の先から小指の先までが十分に入る程度の間隔を空けて2つのクッションを配置した。



図 1

2. 検査着の検討

着衣のまま検査が可能かどうかを検証するため、検査着の前を開けた状態と閉じた状態での MRI 画像と乳房専用 PET 画像を比較したところ、開けた状態の方が閉じた状態に比べ乳房がより広がっていることが確認できた (図 2)。

痛くない乳がん検診として話題の MRI を用いた DWIBS 法では、着衣のまま検査が可能という特徴がある。これは、腫瘍の有無を判断することが目的であり、乳房の形状が正確である必要がないためとされているが、今回の腹臥位乳房 PET/CT 検査においては、乳房内の病変の広がりも含めた精査を目的としているため、検査着の前は開けた状態で撮像するのが適切と考えた。

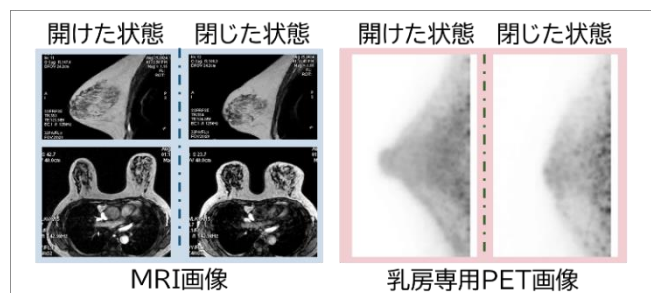


図 2

3. 画像再構成条件 (Matrix size) の検討

3-1. 使用機器

使用した PET/CT 装置は Biograph mCT TrueV (SIEMENS 社製) で、仕様を表 1 に示した。

表 1

Parameter	Biograph mCT TrueV
Detector material	LSO
Detector element dimension	4×4×20mm
Bore diameter	78cm
Axial FOV	221cm
Reconstruction algorithm	3D-OSEM+TOF+PSF (Subsets 21, Iteration 2)

3-2. ファントムによる予備検討

NEMA IEC Body ファントムの 10mm ホット球とバックグラウンド領域の放射能濃度比が 4 : 1 になるよう ^{18}F -FDG 溶液を満たしリストモードで 10 分間収集した。得られたデータを Matrix size 200×200, 256×256, 400×400, 512×512 と変更して画像再構成し、各画像におけるバックグラウンドの変動係数とホット球における%コントラストを算出した。

Matrix size 512 で再構成すると、バックグラウンドの変動係数は上昇するものの、ホット球とのコントラストが最も高くなり、ホット球がより明瞭に描出された (図 3)。また乳房専用 PET の Pixel size 1.5mm に最も近い値となることから、Matrix size 512×512 を最適な条件とした。

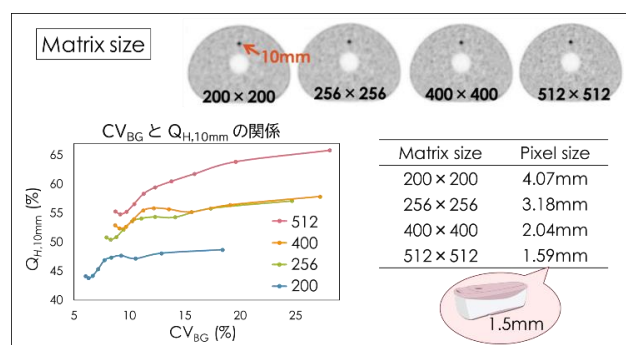


図 3

3-3. 臨床例による検討

3-3-1. 対象および方法

対象は 2022 年 4 月から 7 月までの 3 か月間に当院で腹臥位乳房 PET/CT 検査を施行した症例のうち、乳房に集積を認めた 23 例で、年齢は 38～81 歳 (平均 61.1 歳)、病変の長径は 10mm 未満が 5 例、10mm 以上 20mm 未満が 10 例、20mm 以上が 8 例であった。

^{18}F -FDG を体重 1 kg あたり 3.7 MBq 静脈投与し、約 1 時間の安静待機の後、仰臥位にて全身 PET/CT 検査を行い、その後、補助具を設置して腹臥位での乳房を撮像した。腹臥位乳房 PET/CT 検査は、撮像範囲が任意に設定可能な FlowMotion (速度可変型連続移動) 撮影技術を用い、目標とする乳房専用 PET 検査と同じ撮像時間 5 分に合わせるため、寝台移動速度は 0.7mm/sec に固定した。

得られた腹臥位乳房 PET 収集データを 2 種類の Matrix size (200×200, 512×512) と、呼吸同期の有無を組み合わせ、計 4 通りの条件 (200(-), 200(+), 512(-), 512(+)) で再構成を行い、それぞれの MTV (Metabolic Tumor Volume), TBR (Tumor-to-Background Ratio), CNR (Contrast-to-Noise Ratio) を比較検討した。腫瘍の SUVmax は、腫瘍を囲むように ROI を置いて計測し、背景乳腺となるバックグラウンドは、腫瘍を含まない断面の背景乳腺に ROI を置き、5 断面の SUVmean を計測し、その平均値を用いた (図 4)。

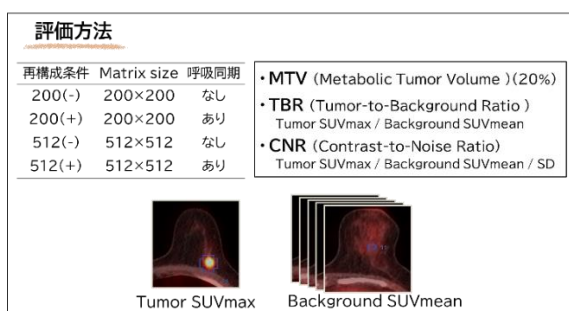


図 4

3-3-2. 結果

MTV, TBR, CNR の結果を図 5 に提示する。呼吸同期を追加し、Matrix size を大きくすることで、MTV は減少し、TBR は向上し、呼吸同期と Matrix size のどちらも変更した場合にその変動率は最大となった。特に 10mm 以下の小さい腫瘍径の TBR は Matrix size を大きくすることで 72% 向上し、さらに呼吸同期を追加することで 85% もの向上が見られた。CNR については、呼吸同期を追加すると増加するものの、その程度は軽微であった。また、10mm 以上の腫瘍径では Matrix size を大きくすると、かえって CNR は減少した。これは、腫瘍の SUVmax 値は増加したものの、バックグラウンドの背景乳腺には乳腺と脂肪が不均一に存在していることが要因と考える。

評価に用いた臨床画像の一例を図 6 に掲示する。造影 MRI 画像で認めた約 40mm の腫瘍は、Matrix size を上げて呼吸同期を追加することで、腫瘍中心部の壊死はより明瞭に描出された。

以上より、Matrix size を 512×512 に設定し、呼吸同期を追加することを最適な画像再構成条件とした。特に Matrix size は画質に対する影響が大きく、小病変を検出したい場合には重要なポイントと考える。

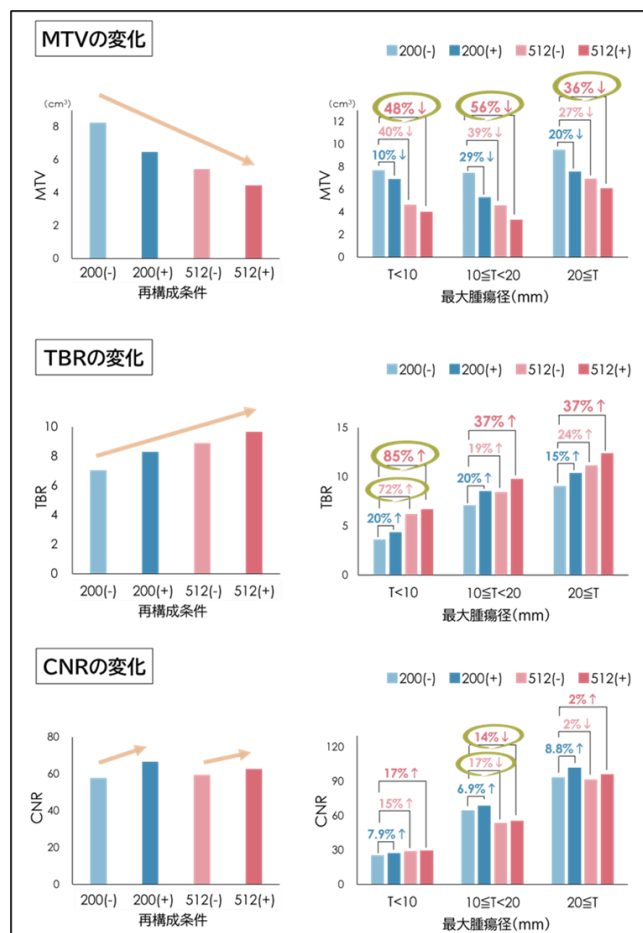


図 5

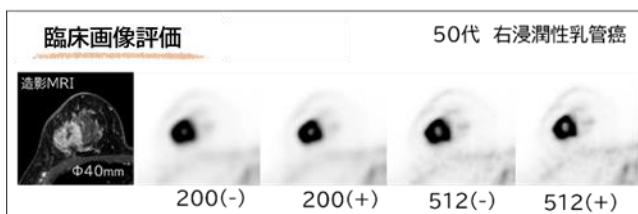


図 6

4. ポジショニング時の留意点

寝台に乗る際は、乳房下部を足側補助具の上縁位置に合わせることに留意する。腹臥位の状態で、両肩を結ぶラインが水平になっているか、顔が正面を向いているかを確認し、左右乳房の対称性を意識する。次に、乳房が自然な形で下垂されているかを側面から目視確認する。今回我々が考案した補助具では、左右の乳房間に支柱は存在しないため、乳房が偏ったり寄れたりしてしまう可能性はかなり低く、技師が乳房に直接触れて調整した事例はない。しかし検査部位がデリケートな部分であるこ

とから、ポジショニング担当は女性であるほうが望ましい。全国の診療放射線技師の7割以上が男性であるが、女性の割合は年々増加しており（図7）、女性技師にとって活躍の場は今後より広がっていくと考える。

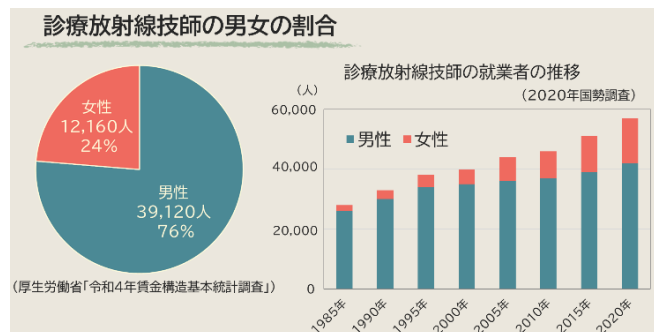


図7

5. 症例提示

5-1. ポジショニング不良例

乳房が補助具に圧排され、乳腺が広がったポジションで撮像できなかった症例を図8に提示する。この経験から、位置決めのカウトレイは正面だけでなく側面も追加し、さらに階調を変更して補助具と乳房の位置関係を把握してから撮影を進めることを徹底した。

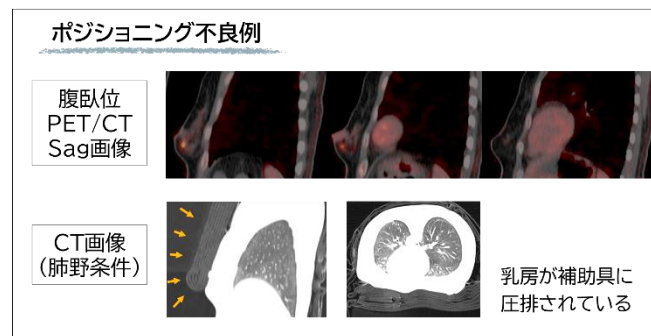


図8

5-2. 腹臥位が有用であった症例

80代、右浸潤性乳管癌。閉所恐怖症のためMRI検査が困難であり、右乳癌の広がり診断目的にてPET/CT検査施行した症例を図9に提示する。通常の仰臥位では、既知の右乳房病変にFDG集積を認め、左乳房には病変を指摘できなかったが、腹臥位PET画像では左乳房にもFDG集積を認めた。当院臨床研究目的で追加した乳房専用PETでも腹臥位PET同様

に左右の乳房にそれぞれFDG集積を認め、組織診にて左乳房の病変は非浸潤性乳管癌の診断であった。

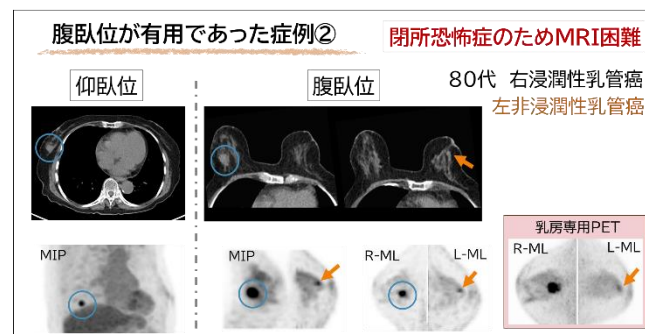


図9

5-3. 乳房専用PET検査との比較

50代、左乳癌、右乳癌疑い。病期診断目的にて全身PET/CT検査と乳房専用PET検査を施行した症例を図10に提示する。

乳房専用PET検査では、2病変いずれも胸壁に近く、左乳房の病変は腫瘍全体を描出することができず、右乳房の病変は撮像範囲外となった。そこで、乳房専用PET検査後に全身PET/CT装置を用いて腹臥位での乳房を追加収集し、高分解能で再構成した。

乳房専用PETは、装置の構造上、胸壁付近にブラインドエリアが生じてしまい、病変の検出が難しい可能性がある。一方、腹臥位乳房PET/CT検査は、腋窩部、胸壁部を含め乳房全体を視野に入れることができ、ブラインドエリアが存在せず、腫瘍全体を写し出すことができる。

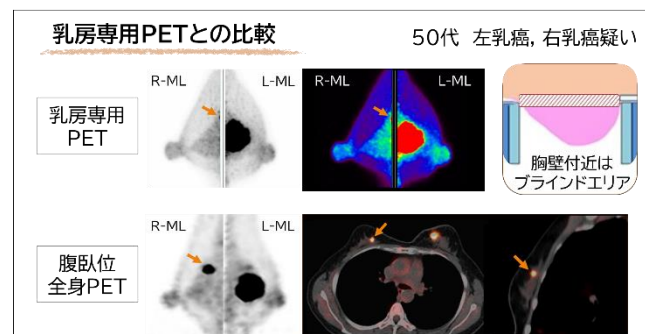


図10

5-4. 造影乳腺 MRI 検査との比較

50 代、右乳癌疑いにて施行した造影乳腺 MRI 画像と、乳癌治療開始前の病期診断目的で施行した PET/CT 画像を図 11 に提示する。MRI 画像では、腫瘍から皮膚面と乳頭に向かって連続した小結節状の造影効果が複数見られ、乳頭から腫瘍までの距離 (NTD) 3.7cm のところに 0.6cm の結節を認め、乳管内伸展を疑う右乳癌(BI-RADS カテゴリー5)と診断された。腹臥位 PET 画像でも MRI 同様に、腫瘍から皮膚に複数連続した小結節状の FDG 集積亢進域と、NTD3.6cm のところに 0.6cm の FDG 集積亢進域を認め、同じく乳管内伸展が疑われた (図 11)。

体内金属、閉所恐怖症、腎機能障害などで MRI 検査ができない場合には、MRI 検査の代替として腹臥位 PET/CT 検査が診断に役立つ可能性がある。また、造影乳腺 MRI と腹臥位 PET/CT は検査中の体位が同じであるため、これら 2 つの画像を並べて読影することで、診断能がさらに向上すると考える。

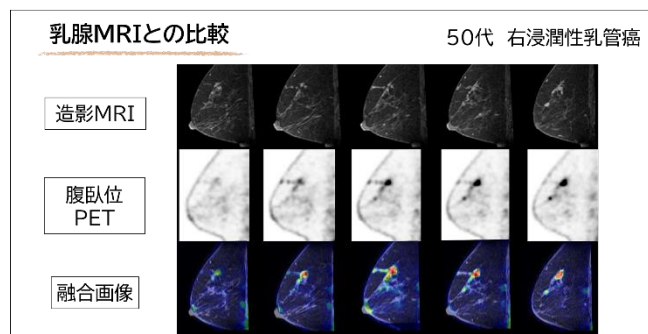


図 11

まとめ

腹臥位・高分解能・呼吸同期をキーポイントとしてプロトコルを確立し、補助具やポジションを工夫することで、これまで得られなかった情報を取得できるようになった。本講演を参考に、多くのご施設でこの腹臥位乳房 PET/CT 検査に取り組んでいただくことにより、全体的な画像診断精度の向上や患者の利益につながることを期待される。

参考文献

- 1) 日本医学放射線学会編. 画像診断ガイドライン 2021 年版.
- 2) 日本乳癌検診学会編. 乳癌診療ガイドライン 2022 年版.
- 3) 公社) 日本アイソトープ協会医学・薬学部会 全国核医学診療実態調査専門委員会 Radioisotopes. 2022 ; 72(1) : 49-100 .
- 4) 福喜多博義, 織田圭一, 白石貴博他. がん FDG-PET/CT 撮像法ガイドライン第2版. 核医技. 2013 ; 33(4) : 377-420.
- 5) Kaida H, Ishibashi M, Fuji T, et al. Improved breast cancer detection of prone breast FDG-PET in 118 patients. Nucl Med Commun 2008; 29: 885-93.
- 6) Koolen BB, Vrancken Peeters MJ, Wesseling J, et al. Association of primary tumor FDG uptake with clinical, histopathological and molecular characteristics in breast cancer patients scheduled for neoadjuvant chemotherapy. Nucl Med Mol Imaging 2012; 39: 1830-1838.
- 7) Koolen BB, van der Leij F, Vogel WV, et al. Accuracy of 18F-FDG PET/CT for primary tumor visualization and staging in T1 breast cancer. Acta Oncologica 2014; 53: 50-57.
- 8) Teixeira SC, Koolen BB, Vogel WV, et al. Additional Prone 18F-FDG PET/CT Acquisition to Improve the Visualization of the Primary Tumor and Regional Lymph Node Metastases in Stage II/III Breast Cancer. Clin Nucl Med 2016; 41: e181-6.

センチネルリンパ節シンチグラフィに求められる知識と技術

川崎医科大学総合医療センター 宮井 将宏

1. センチネルノードコンセプト

センチネルリンパ節(sentinel lymph node: SLN)とは、原発巣のがん細胞がリンパ流によって最初に到達するリンパ節のことであり、見張りリンパ節とも呼ばれている。SLNを同定・摘出し、病理診断にて転移の有無を判定することをセンチネルリンパ節生検(sentinel lymph node biopsy: SLNB)という。SLNBを行い、摘出したSLNに「がん細胞」が確認されなければ、それ以降の二次リンパ節群への転移はないものと判断され、リンパ節郭清の省略や縮小が可能となる。この考え方は「センチネルノードコンセプト」といわれ、1960年代に Gould らによって耳下腺癌において初めて提唱され、その後は乳癌や皮膚悪性腫瘍など様々な疾患に適応されている¹⁻³⁾。

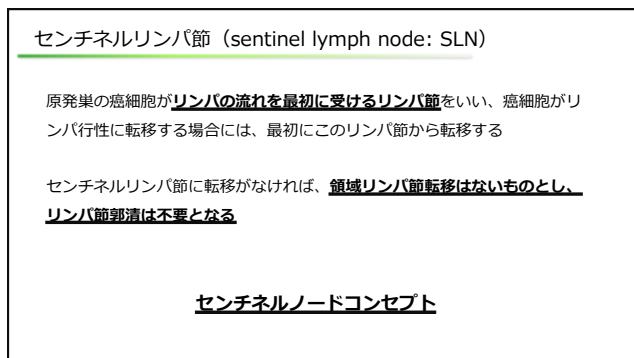


図1

2. 臨床的意義

センチネルリンパ節シンチグラフィの臨床的意義は、SLNの場所や個数を事前に把握しておくことで、手術中のSLNBの際に摘出すべきリンパ節の取り残しを防ぐことである。SLNBの結果により、術式が決定するため、正しい撮像技術の知識を持って検査を行うことが重要となる。(図2) 第9回全国核医学診療実態調査報告書によると、本邦におけるセ

ンチネルリンパ節シンチグラフィの検査件数は年々増加している⁴⁾。これはセンチネルリンパ節シンチグラフィ検査が治療に直結する重要な臨床的意義を持っているためであると考えられる。

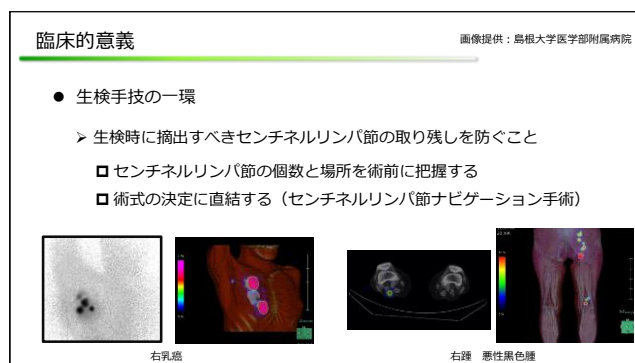


図2

3. SLNの同定法

SLNを同定する方法には、放射性医薬品(radioisotope: RI)を用いるRI法 術中に色素(indocyanine green: ICG)を用いる色素法および両者を用いる併用法がある。RI法では術前にRIを投与することで薬剤の分布を画像化し、SLNを同定することができる。また、術中にγプローブを用いてリンパ節を同定することもできる。一方、色素法では術中に目視にてSLNを確認することができるが、ICGは粒子径が小さくリンパ流に乗りやすいため、二次リンパ群との鑑別に注意が必要である。

SLNの同定率は併用法が勝っているとの報告が多く、標準的に行われているが、単独法でも十分に許容できると考えられる^{5,6)}。ただし、SLNBに習熟したチームによって施行される場合に限るとされている。このチームには、SLNを画像化する診療放射線技師も含まれていると解釈できる。

4. 対象疾患

対象となる疾患としては、センチネルノードコンセプトが成立しやすいリンパ行性を伴う転移癌となる。すでにリンパ節全体や他臓器に転移が及んでいる場合はセンチネルリンパ節シンチグラフィ検査の対象とはならない。また、腫瘍径が大きくなると、リンパの流れが悪くなり、SLNの描出率が低下するとの報告がある⁷⁻⁹⁾。これらをまとめると、触診や術前の画像診断で明らかなリンパ節転移を認めない症例で腫瘍径の比較的小さな早期がんがセンチネルリンパ節シンチグラフィの対象となる。

5. 検査方法（図3）

5-1. 放射性医薬品

第9回全国核医学診療実態調査報告書によると、センチネルリンパ節シンチグラフィ検査の9割以上で^{99m}Tc-フィチン酸が使用されている⁴⁾。^{99m}Tc-フィチン酸の粒子径は200～1000nmと小さいため、リンパ流に取り込まれやすく、流れやすい性質を持っている。^{99m}Tc-フィチン酸は体内のカルシウムと結合し、コロイドを形成してSLNに取り込まれるため、リンパ流とリンパ節の両方を観察することが可能である。Tavaresら¹⁰⁾は、^{99m}Tc-フィチン酸を用いたセンチネルリンパ節シンチグラフィの描出能は、γプローブと色素法を用いた併用法と同等で、2次リンパ節の描出も少なくSLNの検出に適した医薬品であると報告している。

5-2. コリメータ

目的とするSLNは非常に小さいため、低エネルギー高分解能コリメータ(LEHR)を使用することが多い。ただし、RIを投与した部位からのスターアーチファクトの影響を受けるため、投与部位を鉛板で遮蔽するなどの工夫が必要である。このアーチファクトを軽減するために、コリメータの隔壁が厚い低中エネ

ルギーコリメータ(LMEGP)を使用するのもひとつの手法である。米山ら¹¹⁾は、LMEGPを使用することで、淡い集積のSLNの描出能が向上したと報告している。

5-3. 液量と投与放射能量

液量を少なくするとリンパ管を潰すことなく投与でき、痛みを軽減することができるが、投与部位によって圧力やリンパ節への移行速度が異なるため、0.5～1.0mlを腫瘍周囲に数か所に分けて投与することが一般的である。また、圧力が強い部位への投与を行う場合、ロック付きシリンジやシリンジと注射針が一体となったものを使用するなど、汚染には十分に注意する必要がある。投与放射能量も液量同様、投与部位により異なるが、テクネフチン酸キット添付文書では、18.5～111MBqを投与するよう記載されている。

5-4. 撮像開始のタイミング

投与してから撮像までの時間は部位によって異なる。一般的に乳癌などでは投与後2～3時間で撮像することが多く、皮膚悪性腫瘍では投与後すぐに撮像する(ダイナミック収集)ことが多い。ダイナミック収集を行うと、リンパ流を評価することができる。Nakashimaら¹²⁾は、早期乳癌患者においてダイナミック収集を行い、通常とは異なるリンパ流(Abnormal lymphatic pathway)が描出された場合、SLNの陽性率が高いと報告しており、乳癌におけるダイナミック収集の有用性を報告している。また、SLNの描出が淡い場合は、6時間後や24時間後で明瞭に描出される症例もあるため、追加撮像の必要性については、主治医や放射線科医に確認する必要がある。

5-5. 撮像体位

基本的には仰臥位での撮像となるが、乳癌の場合は、手術に近い上肢挙上で行うことが一般的である。また斜位にする Modified

Oblique View of Axilla(MOVA)法¹³⁾を用いることで、RI 投与部位と腋窩リンパ節の距離が大きくなり、SLN が描出しやすくなる。斜位が困難な場合は、検出器に角度を設けるか、座位で撮像を行うことが有効である。ただし、座位では鉛板を置くことができないため、スターアーチファクト軽減のために LMEGP を使用する必要がある。

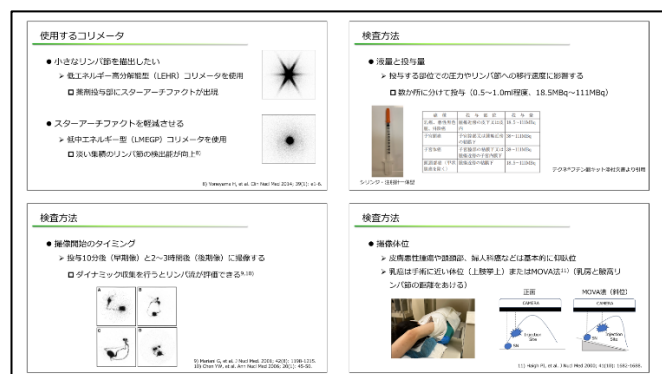


図3

6. 症例提示

6-1. 非浸潤性乳管癌(DCIS)

60代女性、左乳房違和感を主訴に受診された。マンモグラフィで高濃度腫瘍があり、MRIでは明らかな浸潤部や乳管内病変はなかった。その後の細胞診で Class V(ductal carcinoma)と診断された。

乳癌診療ガイドライン 2022 年版では、「術前診断が非浸潤性乳管癌である場合、センチネルリンパ節生検は勧められるか?」の問いに対し、「術前病理診断が非浸潤性乳管癌であり、総合的な臨床診断でも浸潤癌を疑わず、乳房温存療法を施行予定の症例に対しては、センチネルリンパ節生検は不要である。」としている。ただし、「二期的センチネルリンパ節生検の施行が困難な場合には、原発腫瘍切除と同時にセンチネルリンパ節生検を行うことは許容される。」との記載もあり、病理診断時のサンプリングエラーなどを考慮して、SLNBを施行することがある。

図4にセンチネルリンパ節シンチグラフィの画像を提示する。ダイナミック画像から、リ

ンパ流と SLN が確認できる。当院では、体輪郭の描出のために、散乱線法を用いている。140keV のメインピーク画像に 90keV のエネルギー帯の散乱線画像を重ねることで、SLN の深さ方向を把握することができる。本症例では、SLN は3カ所摘出され、すべての SLN が陰性であったため、腋窩リンパ節郭清は省略された。

図4の赤い点線部にも RI 集積が確認できる。これは内胸リンパ節である。乳癌診療ガイドライン 2022 年版では、「内胸リンパ節領域にセンチネルリンパ節を認めた場合、生検は勧められるのか?」という問いに対し、「根拠は不十分である。」としている。腋窩リンパ節転移を伴わない内胸リンパ節単独陽性の場合、予後不良であるとされているが、その確率は非常に低いこと、また出血等の合併症も考慮し、SLNB は施行されないことが多い。ただし、内胸リンパ節の情報により、ステージングや術後療法が変更される可能性があり、引き続き注視する必要がある。

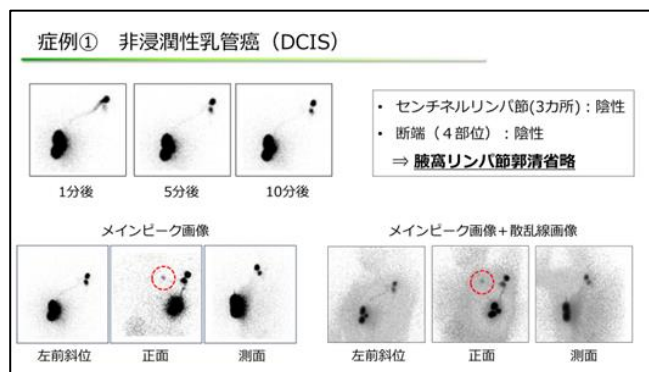


図4

6-2. 内胸リンパ節?

図5に内胸リンパ節部の集積が疑われた症例を提示する。しかしながら、この症例はホットスポットの数が多いこと、ダイナミック画像で内胸部へのリンパ流が描出されていないこと、早期相から内胸部のホットスポットが描出されていること、以上の点から内胸リンパ節ではなく、汚染による集積ではないかと思われた。そこで検査着を着替え、皮膚を除染

した後に再撮影を行ったところ、内胸部のホットスポットが消失した。現場での素早い判断を行うために、診療放射線技師は正常画像を把握しておくことが重要である。

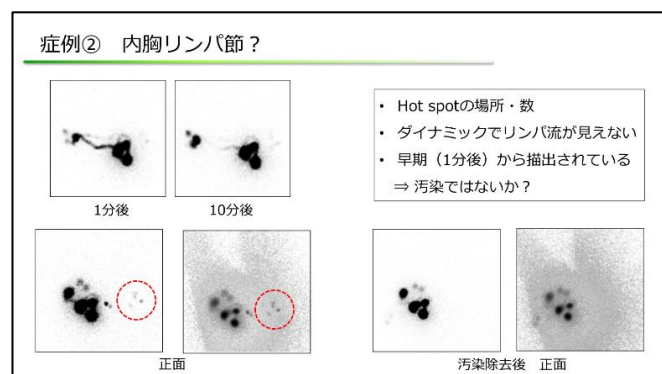


図 5

7. 婦人科癌(子宮頸癌、子宮体癌、外陰癌)

婦人科癌の主な領域リンパ節は、子宮頸癌では骨盤リンパ節、子宮体癌では骨盤リンパ節と傍大動脈リンパ節、外陰癌では鼠経リンパ節である。子宮頸癌は婦人科悪性腫瘍の中で最も割合が多いため、本講演では子宮頸癌を中心に解説した。

子宮頸癌治療ガイドライン 2022 年版において、「センチネルリンパ節が転移陰性の場合に、系統的リンパ節郭清の省略が奨められるか?」の問いに対し、「センチネルリンパ節生検に対して病理医の体制が整い、手技に習熟したチームがいる施設においては、センチネルリンパ節が転移陰性の場合に、系統的リンパ節の省略を提案する。」と記載されている。対象は I A1~2 期, I B1 期, II A1 期の早期子宮頸癌で、腫瘍径が 4cm 以下とされている。ただし、腫瘍径が 2cm を超えると SLN の同定率が下がるとの報告⁹⁾がある。

RI の投与方法は様々あるが、NCCN ガイドライン 2019 年版では 4 パターンが記載されている。(図 6) 肉眼的に腫瘍形成がみられる場合には、子宮腔部の 4 カ所(1 カ所あたり 0.2~0.5ml, 合計 37~111MBq)に ^{99m}Tc-フィチン酸を投与することが望ましい。また、穿刺の深さは粘膜下 1~2mm の浅部局注が推奨され

ている。投与体位は碎石位で行うため、レビテーターなどの使用が望ましく、クスコ鏡や膈拡大鏡を用いて投与を行う。

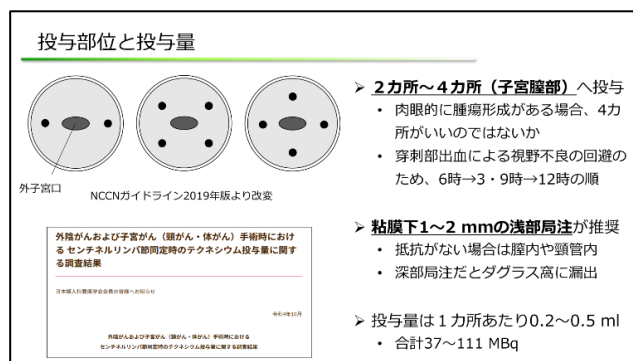


図 6

撮像開始のタイミングについて明確に記載された文献はないが、投与してから 10 分後に淡く SLN が描出され、時間とともにその集積は強く明瞭に描出されることが多い。しかしながら、1 時間で描出されない SLN もあり、1 回しか撮像しない場合は、2 時間後がよいとの報告もある¹⁴⁾。

早期子宮頸癌の SLNB の診断精度を評価した報告¹⁵⁾によると、少なくとも片側の SLN が描出されたものが 97.8%(136/139), 両側 SLN が 76.5%(104/139)であった。感度は 92%(23/25), 陰性的中率は 98.2%(111/113)と良好な結果であり、両側 SLN が描出された患者では偽陰性が 0%であった。このことから、婦人科癌のセンチネルリンパ節シンチグラフィでは両側 SLN の描出が重要であると考えられる。

8. まとめ

センチネルリンパ節シンチグラフィ検査を行う上で必要となる基礎知識、適応疾患、注意点などについて、実際の症例を提示しながら概説した。また、^{99m}Tc-フィチン酸キットの効能効果に追加されて間もない婦人科癌については、ガイドラインや文献を交えて紹介した。本講演が、センチネルリンパ節シンチグラフィ検査に携わる方々にとって、一助となれば

幸いである。

参考文献

- 1) Gould EA, Winship T, Philbin PH, et al. Observation on a “sentinel node” in cancer of parotid. *Cancer* 1960; 13: 77-78.
- 2) Krang DN, Weaver DL, Alex JC, et al. Surgical Resection and Radio-localization of the Sentinel Node in Breast Cancer Using a Gamma Probe. *Surg Oncol* 1993; 2(6): 335-340.
- 3) Alex JC, Weaver DL, Fairbank JT, et al. Gamma-probe-guided lymph node localization in malignant melanoma. *Surg Oncol* 1993; 2(5): 303-308.
- 4) 日本アイソトープ協会医学・薬学部会 全国核医学診療実態調査専門委員会. 第9回 全国核医学診療実態調査報告書. *RADIOISOTOPE* 2023 ; 72(49) : 49-100.
- 5) Cody HS 3rd. Clinical aspects of sentinel node biopsy. *Breast Cancer Res* 2001; 3(2): 104-108.
- 6) Van de Lande J, Torrenge B, Raijmakers PG, et al. Sentinel lymph node detection in early stage uterine cervix carcinoma: a systematic review. *Gynecol Oncol* 2007; 10(3): 604-613.
- 7) Mariani G, Moresco L, Viale G, et al. Radioguided sentinel lymph node biopsy in breast cancer surgery. *J Nucl Med* 2001; 42(8): 1198-1215.
- 8) 日本皮膚科学会ガイドライン. 皮膚悪性腫瘍診療ガイドライン第2版. *日皮会誌* 2015 ; 125(1) : 5-75.
- 9) Chiyoda T, Yoshihara K, Kagabu M, et al. Sentinel node navigation surgery in cervical cancer: a systematic review and metanalysis. *Int J Clin Oncol* 2022; 27(8): 1247-1255.
- 10) Tavares MG, Sapienza MT, Galeb NA, et al. *Eur J Nucl Med* 2001; 28(11): 1597-1604.
- 11) Yoneyama H, Tsushima H, Kobayashi M, et al. Improved detection of sentinel lymph node in SPECT/CT images acquired using a low-to medium-energy general-purpose collimator. *Clin Nucl Med* 2014; 39(1): e1-6.
- 12) Nakashima K, Kurebayashi J, Sonoo H, et al. Preoperative dynamic lymphoscintigraphy predicts sentinel lymph node metastasis in patients with early breast cancer. *Breast Cancer* 2010; 17(1): 17-21.
- 13) Haigh PI, Hansen NM, Giuliano AE, et al. Factors affecting sentinel node localization during preoperative breast lymphoscintigraphy. *J Nucl Med* 2000; 41(10): 1682-1688.
- 14) メディカ出版. 子宮頸癌・体癌センチネルリンパ節生検入門講座—早くスタートするための基本手技. 2016 ; 18-27.
- 15) Lécure F, Mathevet P, Querleu D, et al. Bilateral negative sentinel nodes accurately predict absence of lymph node metastasis in early cervical cancer: results of the SENTICOL study. *J Clin Oncol* 2011; 29(13): 1686-1691.

初ハイブリッド型研修会の参加ログ 核医学チューター（東京支部編）

がん研究会有明病院

梅田 拓朗

2024 年 9 月、核医学技術講演会「ハイブリッド型研修会：ホフマンファントム作成完全マスター」が開催され、チューターとして参加させていただきました。この研修会は、東京支部と九州支部の 2 支部合同で行う、核医学部会が企画された新しい研修スタイルであります。今回は記念すべき第一回目となりました。内容は、Web 会議形式でファントム作成に関する座学を学び、各現地のチューターを介してファントム作成の実技実習を行いました。

東京支部会場では、5 名に参加いただきました。ありがとうございます。参加者のお話を聞くと、ホフマンファントムを作成したことがないもしくは 1 回しか作成したことがない方がほとんどでした。実は、私もお恥ずかしながら、作成した経験は非常に浅く、他の熟練されたチューターからのノウハウを共有させていただき、大変勉強になりました。

またファントム作成においては、実技実習

の大切さを改めて感じました。事前準備の大切さ、気泡を除去する入念な作業、プレートの組み立て方、ちょっとした小技など、座学ではなかなか理解しにくい部分を体験できたこと、伝えられたことはそれぞれのチューターらの本望であり、大変良い機会となりました。さらに、「気泡がどこにあるかわからなかった」「しっかり気泡をとったつもりだけど全然ダメでした」など、現地の参加者から生の反応を聞いたこともチューターの立場として大変参考になりました。

残念ながら本研修でも、RI を使ったホットなことができておりませんが、会の後半に松友先生から非常にホットな小ネタのご紹介もあり、参加者だけでなくチューターにとっても大変有意義な内容とディスカッションとなりました。参加者には、今回の失敗、学んだノウハウをぜひ現場で活かしていただけたら幸いです。

「核医学学術講演会 ハイブリッド型研修 ホフマンファントム作成完全マスター」参加印象記

純真学園大学 筒井 悠治



令和6年9月28日(土)、日本放射線技術学会東京支部主催、九州支部および核医学部会共催で、核医学学術講演会「ハイブリッド型研修:ホフマンファントム作成完全マスター」が開催されました。九州支部では久留米大学病院を会場とし、東京会場および講師の先生方とオンライン接続をして座学を実施し、ファントム作成実習を院内核医学PETセンターで実施致しました。開催にあたりご参加頂きました皆様、ご協力およびご支援を頂きました皆様、誠にありがとうございました。

これまでの様々なセミナーでは、対面開催では対面の良さがあり Web 開催では Web の良さがある一方それぞれの限界もあることから、今回はハイブリッド型開催を企画し、両開催形式の良いところを活かし、座学講義と実技実習を組み合わせ実施されました。



ホフマンファントムは取扱いに経験や知識が必要なファントムのひとつであり、講義により重要点を学習したのちに実技を行うことで非常に有意義な研修会となりました。また、実技後の Web ディスカッションも非常に有益で様々な質疑応答や意見交換がなされました。

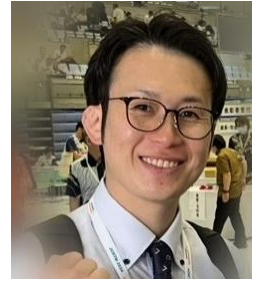
今回は東京・九州支部での開催でしたが、今後は会場やテーマを変える等しての新たな開催形式として期待できると考えます。最後になりましたが、東京支部・九州支部・核医学部会関係者の皆様へ厚く御礼申し上げます。



核医学学術講演会に参加して

東京大学医学部附属病院

佐藤 友裕



今回、日本放射線技術学会東京支部・九州支部・核医学部会により開催された核医学学術講演会に参加させて頂きました。本講演会は、「ハイブリッド型研修：ホフマンファントム作成完全マスター」というテーマで、東京と九州の2箇所をWebシステムで繋ぎ、現地での実技研修を連携して行うものでした。

私が受講した東京会場（杏林大学、東京都三鷹市）は、関東近県からの参加者が多い一方、愛知県から参加された方もいました。研修プログラムは、主にweb講義と実習に分かれており、はじめに講師の先生方からホフマン3Dファントムの作成方法と関連情報について講義がありました。その中でアミロイドイメージング剤を用いた脳PET撮像の標準的プロトコル、PET撮像施設認証の概要・受審要項を概説いただき、近年のレカネマブおよびドナネマブの国内承認によって一層注目されているアミロイドPETの検証にもホフマンファントムは必要不可欠であると理解しました。

その後は実習に移り、九州地方とサテライト中継しながら2-3名の班員で協力して作業を進めました。筆者は以前、脳血流SPECT実験の際に作成したことがありましたが、今回の水没法の経験はありませんでした。手順は次のようになります。1. ファントムの脳スライスを脱気水の入った水槽に浸ける 2. 水槽内にて気泡を除去しつつ、頭頂スライスから積層・組立てを行う 3. 脳スライスを外容器に

格納し、蓋を固定する 4. 必要な放射エネルギーのRIを封入する（実習はコールド）。他の班よりも時間をかけ、入念に気泡を取り除き、会心の出来と意気込んでいましたが・・・ファントムをCT撮影してみて消沈。ちらほら気泡が残存しており、改めて難しさを実感しました。

実際にやって（失敗して）気付いたポイントと講師からのアドバイスを以下に紹介します。

1. 高水位の方が作業しやすいため大きな水槽を用意する 2. 数日前からファントムを水没、前日にファントム組立て、実験当日にRIを封入する 3. 表面の気泡は手で撫でて除去、スライス間の気泡はシリンジで水を噴射するか、水槽の底にスライスを優しく叩きつけて除去する 4. RI封入時は水を多く抜き取り、広い灰白質スペースで針を表面に接触しないよう慎重に注入する 4. 緑膿菌が繁殖すると ^{18}F -FDG集積を生じるため、清潔・乾燥を保つ。

今回は2支部のハイブリッド開催という新たな試みで、各支部の作業風景が中継されていました。九州支部に供覧して頂いたCT画像は気泡が少ない印象で、自分のガサツさに気づかされ作業の丁寧さによって仕上がりにかなり差が出るのだと痛感しました。また、休憩中には講師や参加された先生方と話す時間があり、自施設のことやファントムを使って今後どんな研究をしていくかなどを相談できて楽しい1日でした。まだ参加したことがない方にはぜひ一度、参加をオススメします！

核医学学術講演会 参加印象記



実習風景（ホフマンファントムの作成）



参加者・講師の集合写真

ハイブリッド型研修 「ホフマンファントム作成完全マスター」に参加して

宮崎大学医学部附属病院 黒木 莉香



久留米大学病院で開催されました、「ホフマンファントム作成完全マスター」に参加させていただきました。今回の研修会は、東京支部とのオンラインを用いたハイブリッド型研修でした。「またあの複雑なファントムを作成するのは大変だ。」と考えましたが、脳 PET 撮像認証を取得したため、その復習になればと思い参加を決めました。

研修会では、ホフマンファントム作成方法や解析方法について Web 講義で学んだ後、現地に講師含む 5 人編成のグループで実際にホフマンファントムを作成していききました。Web 講義ではファントム作成におけるポイントを解説していただきました。とても分かりやすい解説で、「このポイントを作成時に知っていたら！」と思うことが多々ありましたのでこれだけでも参加して良かったと思います。

ファントム作成のメインといえば脳スライス内部の気泡を抜く作業ではないでしょうか。ファントムを作成するのは 2 回目でしたが、よくこのような複雑なファントムを考えるなと 2 回とも感じたため、この感想はこれからも変わらないだろうなと思います。私たちのグループは純真学園大学の筒井先生の指導の

もと作成を進めました。黙々と作業していく中で、的確なアドバイスをいただき、また雰囲気盛り上げてくれ大変ありがたい存在でした。気泡を抜く作業や、組み立てていく過程において問題に直面した際は、班員で意見を出し合いながら解決策を見つけ試行錯誤しながら進めていき、完成した時の達成感は格別でした。完成したファントムの CT を撮影してみると、全ての気泡を取り除くことはできていませんでしたが、実際にファントムに触れて、手を動かしながら学ぶことができる機会はとても有意義でした。また、筒井先生をはじめ、同じ班員の方々とのコミュニケーションも大変有意義で、医療の現場においてもチームとして連携しながら問題を解決することが求められるため、この実習での経験は今後の現場においても非常に役立つと感じました。

今回参加させていただいたホフマンファントム作成の実習は、技術的なスキルを学べるだけでなく、チームワークの大切さを学ぶ貴重な機会にもなりました。この経験を通じて、今後も技術を磨きつつ、他者と協力しながらより良い医療の提供に貢献出来たらと思います。

ホフマンファントムを通じて学んだ 核医学の新たな視点

大分大学医学部附属病院 牧野 愁平

2024年9月28日に開催された日本放射線技術学会の核医学学術講演会に参加し、貴重な経験を得ることができました。この講演会は、杏林大学井の頭キャンパスと久留米大学病院を拠点に、対面とオンラインのハイブリッド型で行われ、特にホフマンファントムの作成に関する実技実習が特徴的でした。

講演会のスタートは、開講式とオリエンテーションから始まり、各会場の雰囲気は非常に温かく、参加者同士の交流がしやすい環境が整えられていました。私自身、初めての参加だったため、少し緊張していましたが、講師や他の参加者の方々とのコミュニケーションを通じて、次第にリラックスすることができました。

特に印象深かったのは、神谷先生による「Hoffman 3D 脳ファントムの作成方法」の講義でした。ホフマンファントムは、脳 PET 撮像や SPECT の認証に用いられる重要な道具です。この講義では、具体的な作成手順や注意点が詳しく説明され、参加者はその内容を基に、実技実習へと移りました。

実技実習では、各参加者がホフマンファントムを実際に作成する工程に挑戦しました。多くの参加者が手を動かしながら学ぶ姿はとても活気があり、私もその中で自分自身の技術を磨くことができました。最初は難しさを感じましたが、皆で協力し合いながら進めることで、無事に完成させることができたことは、

大きな達成感につながりました。

また、作成したファントムを振り返る時間もあり、自分の作成したものに対する評価や改善点を他の参加者と話し合うことができました。このディスカッションを通じて、新しい視点を得ることができ、他の参加者の知見を学ぶ貴重な機会となりました。

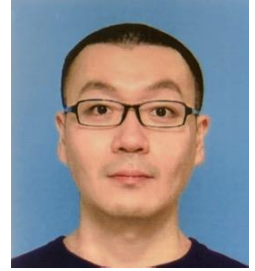
午後の講義では、島根大学の矢田先生による「Hoffman 3D 脳ファントムの解析方法」の説明がありました。この解析方法は、実際の臨床現場での応用を考える上で非常に有意義でした。特に、解析ソフトの活用法についての説明は、これからの業務に直結する重要な情報であり、非常に参考になりました。

最後のディスカッション・質問コーナーでは、参加者が自由に質問し、講師がそれに答える形で進行されました。活発な議論が行われ、参加者全員が納得いくまで質問できる環境が整えられていたのが印象的でした。このような場合は、診療放射線技師のネットワークを広げる絶好の機会であり、今後の学びにおいても大変重要だと感じました。

総じて、核医学学術講演会は、専門知識の向上だけでなく、他の技術者との交流を通じて新たな刺激を受けることができた有意義な一日でした。今後もこうした機会を積極的に活用し、さらなる成長を目指していきたいと感じました。この講演会に参加できたことを心から感謝しています。

第 27 回核医学技術研修会の企画・運営に携わって

北海道大学病院 前田 佑介



令和 6 年 10 月 5 日に第 27 回核医学技術研修会が北海道大学病院にて開催されましたので報告いたします。まずはこの度、研修会の企画、運営といった貴重な体験をさせていただきました関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

研修会は本部核医学部会の事業であり、北海道核医学チューターがサポートする形で企画、運営を行いました。今回は札幌での久々の対面形式での開催となり、内容はデジタルファントムに関する実習としました。シミュレーション研究の基礎から学び、参加された方々は意欲的に実習に取り組んでおられましたため、非常に有意義な研修会となったと考えています。

実習に先立ち、奥田先生よりシミュレーション研究に関する概論についてお話を頂きました。デジタルファントムを用いて研究を行うことの有用性や、実際に実験を行う際のファントムならびにシミュレーションコードの実例紹介、更には研究を行う際の諸注意について詳細に講演されておりました。

次に水田先生と前田により **ImageJ** を用いたデジタルファントムの作成に関わる実習を行いました。**ImageJ** は画像解析ソフトウェアとして広く普及しているものの、周囲に使用経験者がいないと初めの一步がなかなか踏み

出せず、そうした意味でも非常に有意義な時間であったと考えています。核医学領域におけるデジタルファントムの作成方法について、参加者の方々と足並みを揃えて作成を行うことで、誰一人として途中で脱落される方はおらず完成時には皆で達成感を味わうことができました。

午後からは作成したデジタルファントムを **Prominence Processor** で解析する実習を行いました。放射性医薬品の集積濃度が既知であり時間減衰が無いデジタルファントムにおいては、収集時の被写体による減弱や散乱による影響を考察する際、その要素のみで再構成画像を比較、解析することができるため実際の **SPECT** 装置を用いた実験とは異なる体験ができました。最後には得られた結果についてのディスカッションの場を設け、各班よりプレゼンテーションと質疑応答をしていただき、会場にいる全員で深い考察が行われました。

最後になりましたが、本研修会にご参加いただきました皆様に深く感謝いたします。また、第 27 回核医学技術研修会を開催、運営するにあたりご尽力いただきました核医学部会の先生ならびに北海道核医学チューターの方々におかれましても深く御礼申し上げます。

「デジタルファントムでシミュレーション研究をしてみよう」に参加して

札幌医科大学附属病院 加藤 駿平

今回、北海道札幌市の北海道大学病院で開催された第 27 回核医学技術研修会「デジタルファントムでシミュレーション研究をしてみよう」に参加させていただきました。

今年度に入って初めて核医学検査を担当するようになり、まだまだ勉強不足を感じていたこと、また、デジタルファントムやシミュレーションというものに触れてこなかったのも、この研修会を機に様々な内容についての理解を深めることを目標としました。

本研修会に参加する前は、シミュレーション研究を行うためにプログラミングの知識やソフトの購入など必要かと思っていましたが、ImageJ と Prominence Processor というソフトで簡単にできることを知ることができました。Prominence Processor は、日本放射線技術学会の核医学部会の HP で無償でダウンロード可能で、GUI ベースのソフトというのが扱いやすく、これが国内で開発されたということも研修会でお聞きして驚きました。海外では、こういった GUI ベースのソフトが少なく、それこそプログラミングの知識が必要というお話もあり、日本は恵まれていることを実感しましたが、僕みたいにこのソフトの存在を知らない人が多いかもしれないので、まずは自施設で情報共有したいと思いました。研修会の最初に、デジタルファントムとシミ

ュレーション研究に関する講義を受けました。シミュレーション研究を行う準備として、シミュレーションを行う空間やその空間に何を置くのか（人体のデータなのかファントムのデータなのか）、サイズや位置、密度などはどうするのか、RI の位置やサイズ、放射能をどうするのかといった様々なことを考慮することが必要であり、計画性がとても重要なことを学びました。

講義後は、自分の PC を用いてデジタルファントムの作成をし、Prominence Processor でシミュレーションを実際に行いました。この実習では、自分の手で画像の作成や物理現象を付与させることで核医学画像に関する理解を深めることができました。グループに分かれて物理現象の有無でどう変化するかななどのディスカッションもしましたが、自分の理解が浅く勉強させていただくことが多かったです。

本研修会では、多くのことを学ぶことができたので、今後の業務や研究などに幅を広げることができるのではないかと考えています。日々の業務に正しい疑問を持ち、より良い検査ができるようにと考えています。

懇親会にも参加し、施設間での情報共有もでき充実した 1 日となりました。

「デジタルファントムでシミュレーション研究をしてみよう」に参加して

北海道大学病院 平野 佑亮

第 27 回核医学技術研修会「デジタルファントムでシミュレーション研究をしてみよう」が北海道大学病院にて開催されました。私は、研究経験がほとんどなく、恥ずかしながら核医学でシミュレーション研究があるということ存じませんでした。シミュレーション研究とはどのような感じで行うのか興味があり、また開催地が勤務地である北海道大学病院であることから参加させていただきました。

研修会の内容としましては、まず、講師の方にシミュレーション研究についての基礎的なことから実際のシミュレーション研究についての流れ等をご教授いただきました。次に実技として、「Image J」にて模擬病変があるデジタルファントムを作成しました。作成したデジタルファントムを用いて、「Prominence Processor」で投影データを取得し、再構成を行いました。再構成にて、散乱線成分と減弱成分の有無でどのような模擬病変の見え方に関してグループ内でディスカッションを行い、プレゼンテーションを行いました。

実技の時間が多く、実際に手を動かしてデジタルファントムを作成しましたが、「Image J」を使用したことがなかったため非常に勉強に

なりました。同様に投影データの作成や画像再構成に使用した「Prominence Processor」も使用したことがなく、ROI の設定や、プロファイルカーブなど解析もでき、こちらも勉強になりました。

本研修会は実技による研修が多く、またグループ内でのディスカッションをする時間が多かったため、時間の流れが早く有意義でした。また、講師の方々との距離感が近く、質問しやすい環境でわからないことや不安なことについてはすぐ聞けた点が良かったと思いました。本研修では、シミュレーション研究の初歩的なことを学びました。ですが、実際シミュレーション研究を行うとするとデジタルファントムを研究目的に応じて作成する必要があり、とても長い道で大変だなと感じました。また、今回の研修では「Image J」と「Prominence Processor」を使用しましたが、研究によって違うソフトを使用する必要があることを知り、その際はプログラミングの知識が必要なのことがわかりました。この度は、このような研修会を企画、実行された日本放射線技術学会核医学部会の皆様に感謝を申し上げます。

2 倍の遊び, 1 割増の仕事

大阪大学医学部附属病院 神谷 貴史

核医学部会誌に最後まで目を通していただきありがとうございます。今回の編集後記のタイトルは 20 年ほど前、新人の私に先輩が「人よりも 1 割増しで仕事をしましょう、人よりも倍遊びなさい。」と贈ってくれた言葉です。効率よく働きつつ、人生を楽しむバランスの重要性が込められていると ChatGPT は感じるようです。

2025 年 4 月の核医学部会では「連携のチカラが生む新たな価値 ～研究と技術が拓く社会への貢献～」と銘打ち、日常業務から視野を広げた横のつながりを感じる構成になっております。教育講演では大阪大学の畑澤順教授に「日本から世界へ：産学官連携による革新的核医学診療の展開」とのタイトルにてご講演をいただきます。畑澤教授は前日本核医学会理事長で在任中は世界各地を飛び回っておられ、退任後も日本アイソトープ協会、内閣府において、日本の核医学に多大な貢献をされています。また、シンポジウムでは理工系研究者の視点から秋田県立循環器・脳脊髄センターの茨木正信先生に、装置メーカーの視点から島津製作所の水田哲郎先生に、保健学教員の視点から金沢大学の澁谷孝行先生にそれぞれ講演をお願いしております。普段の業務とは少し違う核医学を感じていただければうれしく思います。

また、次回の核医学部会誌では大学院紹介の原稿を募集いたします。社会人大学院生を希望する教員と進学希望の会員のマッチングに少しでも貢献できればと思っております。研究室運営をされておられる先生方は寄稿をご検討いただければ幸いです。詳細、連絡先は部会誌内のお知らせを参照ください。

文頭の言葉を ChatGPT は効率化に関する内容を出力しましたが、対面制限が解除された今、「遊ぶこと＝学会での会場外の活動、人間関係」が私の学会活動をさらに引き上げてくれていたのではないかと少し違った角度から過去を振り返っています。この場を借りて、関係の先生方に改めて感謝申し上げます。

私に贈ってくれた先輩は先日、当院を退職しました。「価値を上げろ！」と餞別を残して。