



2021年8月に導入された全身用半導体ガンマカメラシステム「VERITON-CT (Spectrum Dynamics Medical)」。大阪大学医学部附属病院では、2024年1月にソフトウェアの改良を中心としたバージョンアップを実施。飛躍的な機能・性能の向上を実現している。

大阪大学医学部附属病院



新発想の最新全身用半導体ガンマカメラがバージョンアップでさらに機能性を向上させ、核医学診療の可能性を大きく切り拓いていく

大阪大学医学部附属病院では、2025年5月に期待の統合診療棟がオープンするなど、再開発事業を進めている最中である。本邦の核医学診療に大きな足跡を残し続けてきている同院核医学診療科でも、機器整備に積極的に取り組んできており、本誌2024年3月号で紹介した最新全身用半導体ガンマカメラもソフトウェアを中心とするバージョンアップを実施。既に、心臓領域、呼吸器領域の他、小児領域や肝臓のシンチグラフィ検査、RI治療などにおいて大きな成果を挙げている。同装置のバージョンアップ実施の経緯とその有用性を、循環器内科の坂田教授、核医学診療科の加藤特任教授らに聞いた。

Interview

大阪大学放射線科学基盤機構
先進アイソトープ診療学共同研究部門
特任教授

加藤 弘樹氏

大阪大学大学院医学系研究科
放射線統合医学講座放射線医学
講師・診療科長・診療局長・病棟医長

磯橋 佳也子氏に聞く

——半導体ガンマカメラ「VERITON-CT」のバージョンアップ実施の経緯からお聞かせください。

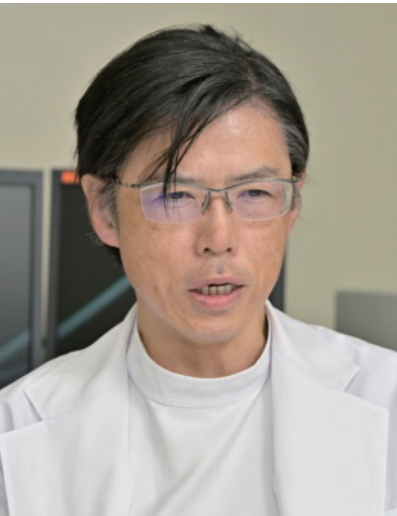
加藤 弘樹氏（以下、加藤氏）：以前、月刊新医療が取材した直後の2024年1月に、ソフトウェア関連を中心とする装置のバージョンアップを実施しました。

臨床業務と並行しながら「VERITON-CT」の性能や機能を検証し、Spectrum Dynamics Medical 社と当院スタッフ間で議論を重ね、バージョンアップを図ることにしたのです。その結果、以前にも増して臨床に貢献できる装置になったと感じています。

——新バージョンでは、Dynamic SPECT-CT 検査が可能となったと同じました。

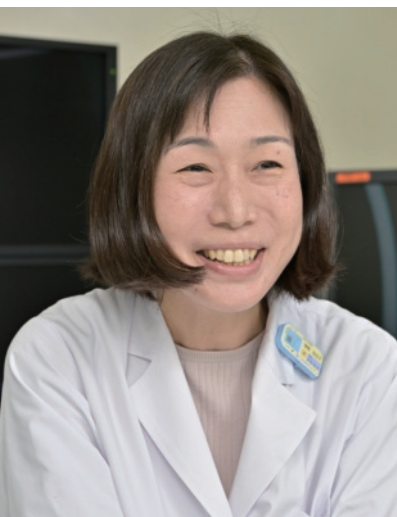
加藤氏：Dynamic 検査が可能になったということは、核医学検査においてはRI薬剤が臓器や身体の中に行き渡り、目的の部位に集積していく過程を時間を追いつながら記録でき、時間軸での評価が可能になったことを意味します。

元々、核医学検査ではDynamic 検査は従前から一般的に行われていましたが、それは2D画像でのことで、3D画像によるDynamic 検査は、一部を除けば主に心臓や



加藤 弘樹 (かとう・ひろき)氏

1991年東京大学工学部卒。2000年大阪大学医学部卒。2015年大阪大学医学部附属病院 核医学診療科 診療局長、2023年4月大阪大学医学部附属病院 病院教授、同年10月大阪大学放射線科学基盤機構 特任教授。



磯橋 佳也子 (いそはし・かやこ)氏

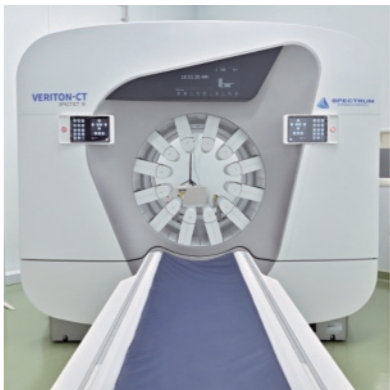
1999年近畿大学医学部卒。2018年大阪医科大学 放射線医学教室 助教、2019年同大学 関西 BNCT 共同医療センター 特別職務担当教員（講師）。2022年大阪大学大学院医学系研究科 放射線統合医学講座核医学特任講師、2023年より同講師。

臨床に立つかもしれない。磯橋氏・肝臓の機能を評価するためのアシアロシン検査では、肝臓がんの患者さんで腫瘍を切除する際、切除後の肝臓にどの程度、肝機能が残るのか、どの領域まで切除できるのか、3DによるDynamic検査により切除領域を容易に評価できるのは極めて有用です。

加藤氏・肝機能については、血液検査でも全体を把握することは可能ですが、肝臓の区域毎の肝機能を把握することは、血液検査でももちろん、X線やエコーでも判りません。そのためにはDynamic検査が必須です。従来は投影像による2Dのみで実施していましたが、「VERITON-CT」によって3次元的な薬物動態情報も得られるようになり、良好な肝細胞がどこにあるのかを診療科の医師に明瞭に示せるようになった点は、素晴らしいですね。

現在検討しているのが、時間軸方向の変化を必要とする検査で、例えば心臓の交感神経系を診断するためのMIBGシンチグラフィ検査です。同検査では、前期像と後期像の撮影を行うため、時間を分けて検査しなければなりません。神経変性疾患診断目的でこの検査を行う場合、薬剤投与後初期のデータから数時間後の薬剤の分布を推定するソフトウェアがあるので、それを導入して試したいと考えています。「VERITON-CT」では、従来通りの撮像を行う中で同時にDynamicデータが取得できるので、従前の診断を妨げることなく新たな試みが可能です。上手く行けば、同検査において2回撮影する必要がなくなり、患者負担の軽減等につながります。

「VERITON-CT」のCZT検出器は、従来型検出器に比べて高い感度を有する他、12個の独立した検出器を被検者とわずかに数mmの近くまで近接させることができ、画質の大幅な向上を実現している。



「VERITON-CT」を操作する佐々木氏。バージョンアップ後も操作性は変わらず、画質が高く臨床に有益な画像データを短時間の撮影時間で描出できると話す。



また、副腎のシンチグラフィの検査でも時間軸で変化したデータが必要ですが、このような検査も、初期動態から時間変化の推定が2Dのみならず3Dでも可能になるかもしれません。

頭部領域の検査については如何でしょうか。

加藤氏・先述のとおり、頭部のDynamic検査は、以前は主に頭部専用装置で行われていたのですが、その装置は採算性が悪く、残念なことに現在では販売されていません。バージョンアップした「VERITON-CT」は感度が良好であることから、頭部専用装置に近い品質の検査が実現できるのではないかと考えているところです。この装置で脳血流の高精度なDynamic SPECT検査ができるようになれば、画期的と言えるでしょう。

のような症状や心電図変化がある患者さんだけに留まらず、それ以外に明らかに冠動脈疾患がない心筋症に対しても、新たな診療情報を提示し、治療方針の立案に繋がれるのではないかと期待しています。

今までも、侵襲的な検査によってこのような診療情報を得ることも可能でしたが、それを非侵襲的に得られるなら、それにより新たな治療方針や診断指針が加わってくるという可能性があり、「VERITON-CT」はそれを秘めていると思います。

循環器領域における心臓核医学検査の今後についてお聞かせください。

心臓核医学の分野について、残念ながら循環器内科医からの関心が低くなっており、世界の循環器の画像診断医の関心はMRIに集まっています。ただ、それは「もったいない」と思います。循環器内科では心筋症センターを設立し、同センター内では、「VERITON-CT」をどのように活用していくか検討を続けています。同装置には技術的にクリアしなければならない課題も多いですが、医療技術部の佐々木先生を中心に良質な画像を描出できるようになってきました。「VERITON-CT」のような装置がポピュラーなものになってくれれば、再び核医学の重要性が、特に心筋の評価という領域において見直されてくるのではないのでしょうか。

私を含め、多くの循環器科医は、もっと心筋を核医学検査で診断することに関心を寄せるべきでしょう。新しい技術により、さまざまな情報を得ることができるようになっていますし、それが心臓核医学の再興に繋がればと考えています。

坂田 泰史(さかた・やすし)氏 1993年大阪大学医学部卒。大阪警察病院循環器科等を経て、2002年米国テキサス州ヒューストン ベイラー医科大学留学。2013年より大阪大学大学院医学系研究科循環器内科学 教授。2022年より大阪大学総長補佐、大阪大学医学部附属病院 副病院長を兼務、現在に至る。

循環器領域の検査に一大変革を起こし心臓核医学分野の新たな可能性を拓く

大阪大学医学部附属病院 循環器内科 科長/教授

坂田 泰史氏に聞く

最新式 SPECT-CT「VERITON-CT」を積極的に診療に活用している循環器内科の同科 科長/教授の坂田泰史氏に、循環器領域における核医学検査の重要性と「VERITON-CT」バージョンアップ版への期待について話を聞いた。

現在の循環器領域における核医学検査の重要性についてお聞かせください。

循環器領域における心臓核医学検査の大きな役割の1つが、虚血性心疾患を捉えることです。従前より、冠動脈の狭窄が心臓の虚血の原因であって、その原因に対して治療を行うというのが虚血性心疾患に対する診療の主流となっており、核医学では、当初は非侵襲的に冠動脈の狭窄を捉えることが中心となった時代が長く続いてきました。現在、非侵襲的に冠動脈の狭窄を捉える検査については、核医学だけでなく冠動脈CT検査の役割も大きくなっています。その点に関して核医学検査の役割は小さくなっていますが、狭窄がある部分に対しての治療の是非の判断については、引き続き核医学検査の果たす役割は大きいです。

バージョンアップした「VERITON-CT」の所感をお聞かせください。

「VERITON-CT」のバージョンアップにより、心臓領域でDynamic検査ができるようになった点は、循環器内科医として非常に重要です。^{99m}Tc-MIBI投与6分間のDynamicデータとSPECTデータを用いて、採血を行わずに血流を算出することができ、加えて、冠動脈の狭窄についてより詳細な情報を提供することができるようにもなり、大きな意義があると感じています。

なお、現在の循環器学では、より心筋に関する情報を得ていく方向に進みつつあり

ます。

従来同様、冠動脈に狭窄の有無等の情報も必要です。しかし、従来から冠動脈に明らかな狭窄が無くても、虚血を呈している患者さんはいました。それらの患者さんは、冠動脈のような大きな血管ではなく、心筋の内部に血を送り込んでいる微小な血管に動脈硬化などの障害が起きているのではないかと考えるようになりました。これをINOCA(Ischemic Non Obstructive Coronary Artery disease:虚血性非閉塞性冠疾患)と言います。INOCAという病態は、最近注目されています。どのように評価するかは、従来のSPECT装置では難しかったのですが、「VERITON-CT」では心筋血流に関するDynamicな変化を捉えることができるようになりました。心筋の血流比を調べる検査は、以前からPETでは可能でしたが、サイクロトロンを保有し、製剤を独自に生成する必要があり、そのコスト負担と労力は膨大です。また、がん診療で使用することが多いことから、循環器内科にはアクセスしづらい装置でもあります。その点、SPECTで簡便に検査可能になったことは、これからの循環器学に及ぼす大きな寄与と言えます。

この検査が洗練され、安定的にデータを出せるようになれば、対象疾患は心筋に障害がある疾患全てを網羅することになります。虚血性心疾患と思われる患者さん、そ

します。

加藤氏・「VERITON-CT」には、他にも優れた機能があります。それは、病変への放射性薬剤の集積度を定量化した値であるSUV(Standardized Uptake Value)を得ることができるようです。数値的指標によって変化を客観的に把握でき、診断がし易くなります。また、新バージョンでは散乱線の補正機能を大きく改善しており、ノイズの少ないコントラストの良い画像を得ることが出来ます。さらに、現在、共同研究中のAI技術を用いたノイズ低減技術*についても検証を行っており、さらなる画質向上が期待できます。

磯橋氏・ルテチウム薬剤を用いた治療では、薬剤の溜まった度合いを画像化する必要があるのですが、当初はノイズが目立っていました。新バージョンではノイズ低減が実現し、非常に鮮明な画像を得られるようになりました。治療効果について、臨床側の主治医は数値を求める傾向にありますが、現在、放射線がどれくらい照射されたかを測定や計算により求める(ドシメトリ)ことが可能になりつつあり、臨床応用を目指しています。撮像時間も、1時間半かかっていたものが1時間に短縮され、医療スタッフも患者さんも皆、喜んでいくことができます。

加藤氏・画像のノイズを落とすことができれば、それだけ薬剤の投与量を減らせたり、撮像時間を短くできる可能性があり、患者負担軽減につながるので実用的です。ノイズリダクション機能が強化されたので、今後、パーキンソン病の評価に重要な、脳のDATスキャン検査にも活用できると期待しています。

二核種同時収集機能については如何でしょうか。

加藤氏・バージョンアップ後、以前は肺血流・肺換気シンチ検査のみだった二核種同時収集(SDI)機能も、他の領域の検査で安定的に利用できるようになりました。二核種同時収集であれば、本来2回検査しなければいけないところを1回の検査で終えることができるので、被ばくも当然1回分に抑えられ、特に小児領域で歓迎したいですね。例えば、小児の神経芽腫の骨転移診断に対しては、MIBGとテクネチウムのトレーサーを同時に収集することができ、1回の検査で測定が可能です。

今回のバージョンアップについて、総合的なご評価をお聞かせください。

加藤氏・心臓専用装置からスタートして開発されたのが「VERITON-CT」ですが、元々特異性の強い、スペシャルな装置でしたが、今回のバージョンアップを経て、非常に広範な領域において貢献可能な装置に生まれ変わったと言えるのではないのでしょうか。どのような検査も満遍なく対応することができ、もちろん従来から優位性があった機能もさらに充実しているので、全体的に性能が向上し、臨床に大いに役立つ装置になったと感じています。これから、さまざまな領域で、この装置の性能を試していきたいと考えています。

磯橋氏・「VERITON-CT」の検査件数も、性能の向上と共に増加傾向にあります。日々の検査内容が異なるため、一概に何件と答えられませんが、多くの診療科からオーダーいただけるようになっていきます。

*共同研究中のノイズ低減技術は薬機法未承認

図4：骨シンチ MIP 画像。身長 83.7 cm, 体重 12.7 kg ^{99m}Tc-MDP 109.5 MBq 投与。左の 20 分間収集画像から仮想的に 1/2, 1/3, 1/4 時間収集相当画像を作成した。最小推奨投与量と同程度の投与量であるが、短時間収集の可能性が示唆される。さらに ^{123I}-MIBG 2 核種同時収集を行えば、患者だけでなくスタッフの負担を大いに低減することができる。

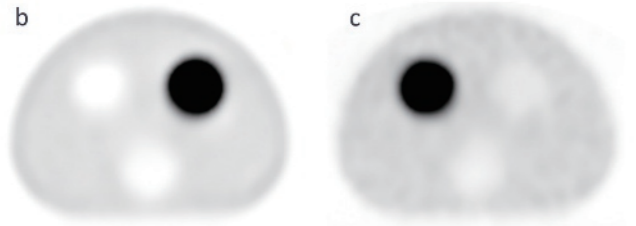
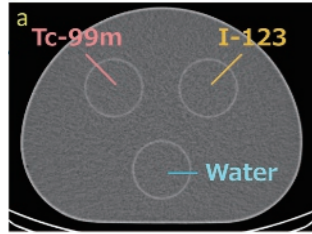
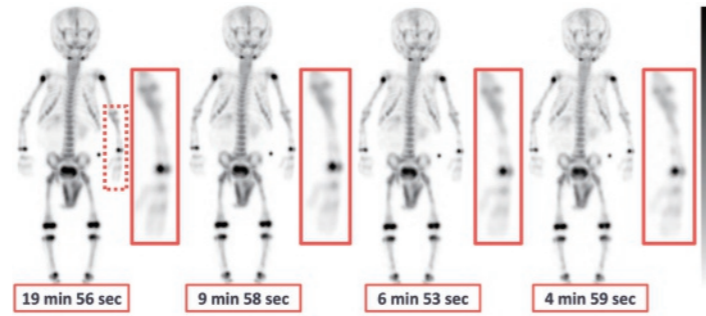


図6：^{99m}Tc と ^{123I} 両核種を同時に封入したファントム画像。a は CT 画像、b は ^{99m}Tc 画像、c は ^{123I} 画像。エネルギーピークの近い ^{99m}Tc と ^{123I} においても VERITON-CT の高いエネルギー分解能により両核種を分別して画像化できている。

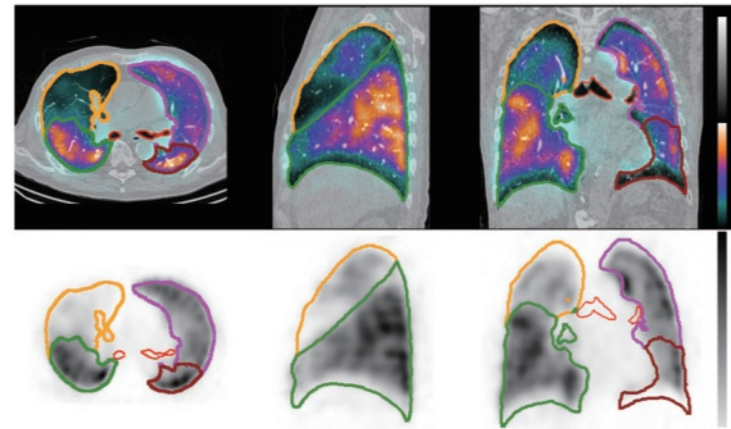


図5：肺血流シンチにおける 3D-VOI 解析の様子。右肺上葉術後再発の症例で、再切除の可否に関する評価目的の検査。肺の区域（一肺葉）ごとの容積・集積比を算出し、血流比を容易に評価することができる。

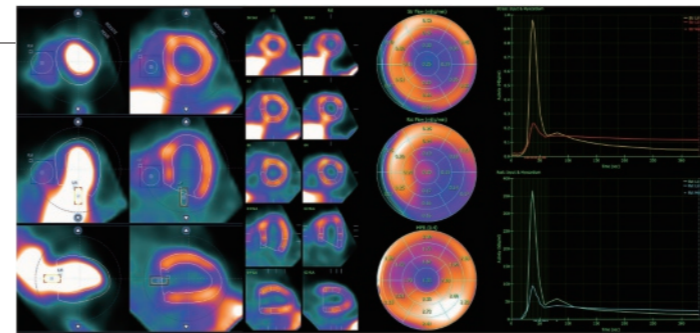


図1：心筋 Dynamic SPECT/CT 画像および解析結果。高感度で時間分解能も高いため、心腔内や心筋における集積の経時的な変化を捉え、画像化し、心筋血流量定量を行う。

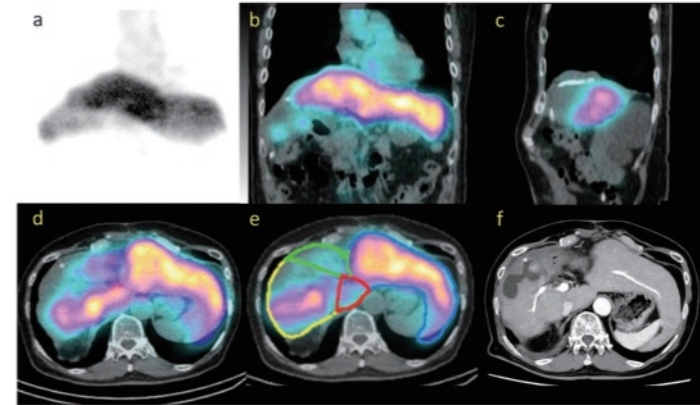


図2：肝臓右前区域切除後。後区域再切除目的の肝機能評価の肝アシアロシンチ画像（収集：1 min/frame）。a は Dynamic SPECT 画像から作成した仮想 planar 画像。b, c, d は Dynamic SPECT/CT 画像。仮想 planar 画像を用い、従来から使用されている HH15、LHL15 などの肝機能指標を算出しつつ Dynamic SPECT/CT 画像から 3 次元的情報を付与し、より詳細な情報を得ることができる。e は 3D 解析の様子。f は造影 CT 画像。

「VERITON-CT」臨床画像

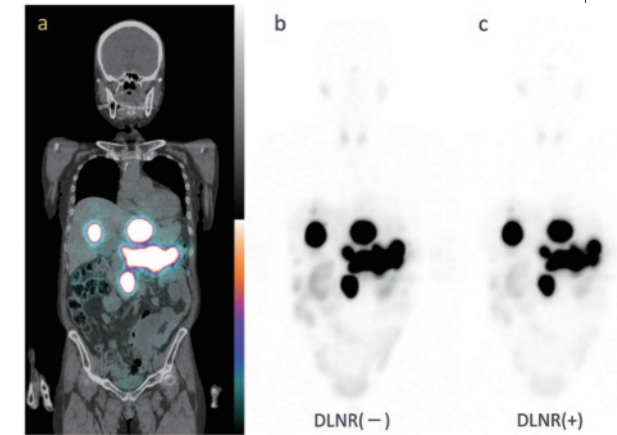
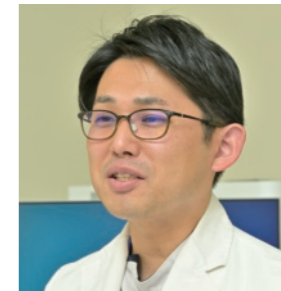


図3：¹⁷⁷Lu DOTATATE 投与後の SPECT/CT 画像。収集時間は 30 分。a は Fusion の Coronal 画像。b, c は MIP 画像。c は『Deep Learning Noise Reduction』処理を行ったもの。

大阪大学医学部附属病院 医療技術部放射線部門 最新型 SPECT-CT 装置のバージョンアップにより 性能向上と共に臨床活用できる検査領域が拡大される



佐々木 秀隆（ささき ひでたか）氏
2007 年大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻卒。同年大阪大学医学部附属病院 医療技術部放射線部門 任期付診療放射線技師、2009 年同 常勤診療放射線技師、2020 年同 主任診療放射線技師、現在に至る。

大阪大学医学部附属病院
医療技術部放射線部門
主任
佐々木 秀隆氏に聞く

情報も得られることで、臨床的な有用性が向上しました。

核医学検査においては、過去画像との比較が重要です。当院で以前から行っている肝臓の機能や形態を評価するアシアロシンチ検査でも、2D の Dynamic データと比較しながら 3D による診療情報も得られることの意義は大きいと言えます。佐々木氏は、二核種同時収集機能も向上し、有用性が高まったことを指摘する。「今回のバージョンアップでもうひとつ、大きなポイントは、半導体検出器特有の 2 核種同時収集機能の強化です。循環器領域では、テクネチウム製剤とヨード 123 製剤という 2 核種同時収集を行ったのですが、この検査では、2D 画像による臨床指標と比較しながら 3D の情報を得る検査を実施できました。SPECT 検査は歴史のある検査ですが、多くの領域で指標となる画像が 2D によるものであり、骨シンチグラフィでも BSI など、平面像から腫瘍の量の増減を調べる検査が中心でした。今後は、PET のように 3D の情報が求められる時代が来ると感じています。」

「VERITON-CT」の、放射線部門において運用を担当する医療技術部放射線部門主任の佐々木秀隆氏は、今回のバージョンアップの具体的な内容をつぎのように説明する。「2024 年 1 月のバージョンアップでの大きなポイントは、Dynamic SPECT/CT 画像の画質が向上し、それに関連する心臓、肝臓等の検査において有用性が高まったことです。本来、3D 画像収集専用装置である『VERITON-CT』において、今回のバージョンアップで Dynamic 検査の 3D 画像と Virtual planar 機能によって仮想的な 2D の Dynamic 画像を両方作成できるようになり、従来から使用されている 2D の Dynamic 画像から得られる診断指標が利用可能となりました。加えて 3D の

また、二核種同時収集機能は、以前のバージョンでも肺血流シンチ検査において定量性に優れた装置であることが確かめられています。今後は、他の領域でも積極的に活用していきたいです」佐々木氏は、AI 機能を用いたノイズ

リダクション機能にも期待している。「実臨床ではまだ使用していませんが、現在、共同研究中の Deep Learning による AI 機能を活用したノイズリダクション機能*の評価・検討を行っているところです。ファントムで検討した段階では、コントラストを落とすことなく、ノイズを 30% 低減できています。核医学治療では、治療に応じて複数回、画像検査を行いますので、ノイズ低減機能を生かして撮影時間を短縮できれば、患者さんの負担も大きく低減できるので、ぜひ活用したいと考えています」

品の最小推奨投与量においても 10 分弱で全身のスキャンを終えられます。短い時間なので、患者さんはもちろん医療スタッフへの負担も少なく、二核種同時収集機能によって検査回数も 1 度で済ますこともできることから、CT の撮像回数を減らせられ、より低被ばくな検査が可能になりました」

今回のバージョンアップで、院内の同装置に対する評価も高まったと、手応えを感じているという。「VERITON-CT」の性能が飛躍的に高まったことは確かです。装置も安定的に稼働するようになって、最近各診療科の先生方の評価も上がっており、同装置の検査件数は徐々に増えています。感度が良いことが評価され、脳の DAT Scan 検査でも、より短時間で高品質な画像を収集できるのではないかと期待されており、今年から実臨床でも検査を実施する予定です」

*共同研究中のノイズリダクション機能は薬機法未承認

大阪大学医学部附属病院



大阪大学医学部附属病院では、2025 年 5 月に地上 8 階、地下 2 階、延床面積 6 万 8570 m² の統合診療棟がオープン予定。同棟には、既存の外来・中央診療棟の機能の大半を移転し、さらに新たな機能を強化。心カテ室は現在の 2 室から 3 室に、放射線治療もリニアックを 2 台から 3 台に拡充。手術室も 21 室から 25 室に、ICU も 29 床から 34 床に増床するなど、特に手術室や低侵襲治療施設等の中央診療機能強化を実施している。

所在地：大阪府吹田市山田丘 2 番 15 号
病床数：1086 床
病院長：野々村 祝夫