

○令和2年度奨励研究

「核医学画像標準化推進を目指した3Dプリンタ用ファントムデータ配信を目指した検討」

放射線技術学科 助教 中島 修一

1. 研究目的

本研究はSPECT/CT装置など核医学診断装置の高精度化が進み、PET装置で測定されていたSUV(Standardized Uptake Value)がSPECT装置においても算出可能となり定量評価が可能となっている。そこで核医学診断装置の持つ性能に相応の精度管理ファントムを3Dプリンタを用いて作成し、多くの病院で容易に機器管理が可能とするために、必要なファントムデータを作成することを目的とする。現在市販されている核医学診断装置用アクリル製ファントムは高額であることからすべての病院に配備し、核医学画像の標準化、機能診断の再現性を向上させることが困難である。そこで、3Dプリンタを用いることにより低コストで精度管理ファントムの運用が可能となる。そして、高精度光造形型3Dプリンタの価格も大幅に低下していることから多くの病院で3Dプリンタを用いて作成したファントムを用いて核医学検査装置の機器管理が可能になるものと思われる。

本研究で作製される3Dプリンタ用ファントムデータは、複雑形状であり製造が困難である場合においても低コストで作製可能であり、本研究によって作成されたファントムデータを用いることで核医学画像の標準化を進め、機能診断の再現性を向上させるものと考えられる。

2. 研究方法

1) ファントム設計及び3Dプリンタによる作成

ファントム設計データの作製は、Autodesk社製 Fusion 360を使用し、骨病変模擬ファントムを設計し(図1)、Standard Triangulated Language (STL)形式で出力した。そして、光造形型3DプリンタHiEHA社製 3D SQ1を使用し、設計した骨病変ファントムを造形した。

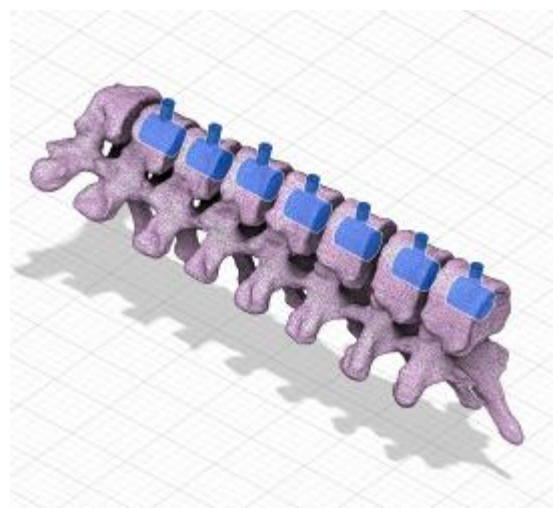


図1 骨病変模擬ファントム設計図面

2) 核医学診断装置による撮像

核医学診断装置での撮像はSiemens healthineers社製 Symbia Intevo Boldを使用し、 ^{99m}Mo - ^{99m}Tc ジェネレータ(富士フイルム富山化学社製 ウルトラテクネカウ 925 MBq)から得た $^{99m}\text{TcO}_4^-$ (160 kBq/mL)を作成した骨病変模擬ファントムに硫酸銅水溶液(富士フイルム和光純薬株式会社)と混合して封入して用いた。また、骨病変模擬ファントム空洞部には硫酸銅水溶液[0.57 M]を封入した。そして、体幹容器ファントム(京都科学株式会社, LKS型)に $^{99m}\text{TcO}_4^-$ (8 kBq/mL)を注入し、作製した骨病変模擬ファントムを設置した。核医学診断装置による撮像条件は、マトリクスサイズ256×256、拡大率 1.00, 20 sec/view, 60V, 自動近接Step and shoot法, エネルギーウィンドウは140 keV ± 10 % (main) と7 % (lower)で撮像した。CTAC用CT撮影は管電圧140 kV, Care Dose 4D, 回転時間 0.6 sec/rot, pitch 1.5で撮影した。

3) 画像再構成および画像解析

画像再構成および画像解析は、Siemens healthineers社製Syngo MI Workplaceを用いて行った。画像再構成はOSCGM(Ordered Subset Conjugate-Gradient Minimizer)法で減弱補正にCTAC法を用いて再構成を行った。画像解析については、骨病変模擬ファントム内の $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 集積部位にROI(Region of Interest)を設定し、放射能濃度値(Bq/mL)を測定した。

3. 研究結果

図2Aに造形した骨病変模擬ファントムを示す。骨病変模擬ファントムは壁厚1 mmの空洞椎体を作成し、

椎体内に直径10 mm、高さ10 mmの円柱を設置し、放射性同位元素を封入できる形状とした。そして、作製した骨病変模擬ファントムにおいて大きな液漏れは見られなかったが、ピンホールが数カ所認められたことからエポキシ樹脂で補修を行った。

図2Eの通り $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を封入した部位にROIを設定し放射能濃度値(Bq/mL)を測定した。測定の結果、60-70 kBq/mLとなり封入した $^{99m}\text{TcO}_4^-$ の放射エネルギーの半分の量となった。また、作製した骨病変模擬ファントムを体幹容器に設置したまま数日放置し、気密性を確認した結果、注入物の漏れは生じなかった。

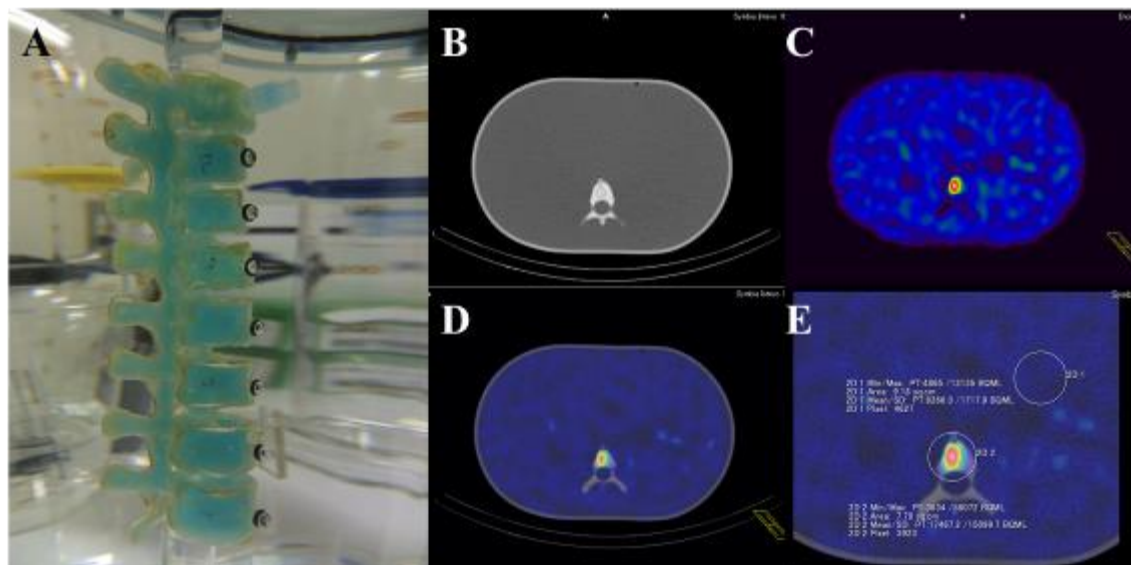


図2 3Dプリンタで造形した骨病変模擬ファントム及び、撮画像

(A)骨病変ファントム外観、(B)CT画像、(C)SPECT画像、(D)SPECT/CT重ね合わせ画像

(E)放射エネルギー測定画像

4. 考察(結論)

SPECT装置において、放射能濃度値やSUVなどの定量値が測定可能となり、その測定値の精度管理が必要となっている。そこで、本研究で作製した骨病変模擬ファントムを用いることで、核医学検査装置用精度管理ファントムとして利用可能なものと考えられる。しかし、放射能濃度値測定を行った結果、放射性同位元素の封入において改善を要することが示唆された。本研究での放射能濃度測定値は、封入した $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 濃度値の約50%の値となり、この原因は、繰り返し $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 封入し撮像試験を行った結果、残液が封入部分に残り、放射能濃度が薄くなったことから生じたものと考えられる。そのため、封入部の開口径を現在の設計図面より拡大し、注射針が封入部の深い所まで刺入出来るように改善することで解決できるものと思われる。また、空洞椎体を作成し骨病変模擬ファントムとしたが、造形の過程でいくつかのピンホールを認めた。この原因は空洞壁の厚みを1 mmと設計したためと考えられ、ピンホールを削減するためには空洞壁の厚みを1.5 mm程度に再設計することで改善できるものと思われる。

本研究で作製した骨病変模擬ファントムは、3Dプリンタ用データとして配信し、SPECT/CTを運用する病院において、精度管理を目的として使用することが可能なものと考えられる。また、精度管理のみではなく、撮像方法や画像性構成法の検討にも応用可能であることが示唆され、さらにファントム設計を改善し安全性を担保する必要がある。

5. 成果の発表(学会・論文等、予定を含む)

本研究の成果は令和3年度において、第59回自治体病院学会などで成果発表を行う。

6. 参考文献

- 1) Kazuki Motegi, Norikazu Matsutomo, Tomoaki Yamamoto, Mitsuru Koizumi. Evaluation of bone metastasis burden as an imaging biomarker by quantitative single-photon emission computed tomography/computed tomography for assessing prostate cancer with bone metastasis: a phantom and clinical study. Radiological Physics and Technology.2020. Vol.13. pp219-229.
- 2) 佐越美香, 松友紀和, 山本智朗, 佐藤英介. CT減弱補正におけるSPECTとX線CT画像の位置ずれが骨SPECTの定量性に与える影響. 日本放射線技術学会誌. Vol.74. No.5. pp452-458.