

画像データの実体化による画像診断・IVR技術の高精度化を目指した研究 Research aimed at improving the accuracy of diagnostic imaging and IVR techniques by materializing image data

阿保 大介^{1*}、曾山 武士¹、森田 亮²
Daisuke Abo^{*}, Takeshi Soyama, Ryo Morita

1 北海道大学病院 放射線診断科、2 北海道大学 大学院 医学研究院 放射線科学分野 画像診断学教室
Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hokkaido University Hospital, Department of Diagnostic Imaging,
Faculty of Medicine, Hokkaido University.

2022年1月18日論文受領、最終受領日1月20日

【要旨】 Computed tomography (CT)やMagnetic resonance imaging (MRI)といった2次元画像データを3Dプリンターにて実体化して可視化することで、Interventional Radiology (IVR：画像下治療)を実施するために必要な情報をより正確かつ直感的に取得する、即ち現在よりもより治療の実行に則した精緻な画像診断を行えるようなシステムの構築を行うことと、実体化した血管モデルを対象に術者がカテーテル操作を行って修練することにより高精度のIVR技術を短時間で習得できるようなプロセスを構築することを目的として、画像データの実体化による画像診断・IVR技術の高精度化を目指した研究を開始した。中腔型血管モデルに加えて、さらなる発展型として複数臓器を組み合わせた実体化モデルの作成も目指しており、それらを用いたIVR技術習得の基盤作りが可能となることを想定している。

【責任著者】 北海道大学大学院 医学研究院 放射線科学分野 画像診断学教室
〒060-8638 札幌市北区北15条西7丁目 TEL：011-706-7779 FAX：011-706-7408 E-mail：abodai@med.hokudai.ac.jp

【キーワード】 3Dプリンター、中腔型血管モデル、実体モデル、シミュレーション

【利益相反】 本研究は特定非営利活動法人メディカルイメーラボとの共同研究資金の提供を受けて実施される

【Abstract】 By using a 3D printer to materialize and visualize 2D image data such as computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI), we aim to build a system that can provide more accurate and intuitive information necessary to perform Interventional Radiology (IVR). In addition, we aim to establish a process by which a physician can learn high-precision IVR techniques in a short time by practicing catheter manipulation on the materialized vascular model. We have also started research on the materialization of image data to improve the accuracy of diagnostic imaging and IVR techniques. In addition to the hollow vascular model, we are also aiming to create a materialized model that combines multiple organs as a further developmental model, and we assume that it will be possible to create a foundation for learning IVR techniques using these models.

【緒言】

医療の発展に伴い、医師の高度な技術により成立する手術・手技といった高難度医療技術が開発され、患者の身体的負担を低減の上で同等或いは上回る治療結果を提供し、それまで不可能であった疾患の治療が可能になった。高難度医療技術のInterventional Radiology (IVR：画像下治療)の一つである血管内治療においては、体表(例：大腿動脈)から穿刺したカテーテルを用いて標的の動脈から塞栓物質を用いて止血を行ったり¹²、動脈瘤を閉鎖したり³⁴、多血性腫瘍の治療を行う⁵⁶が、無関係な部位に塞栓物質を注入・留置することによる異所性塞栓による虚血性合併症を回避するため、いずれにおいても塞栓物質の注入・留置に先立って標的血管までカテーテルを先進させる(カテーテライゼーション)必要がある。

血管内治療を行う際は、術者が事前に患者のComputed tomography (CT)等の術前画像を参照し、標的血管の走行(例えば大動脈からの起始方向、その後の屈曲蛇行、途中の分枝の存在)、太さといった解剖学的特徴を、過去の経験に照らし合わせ、難易度を判定した結果として、カテーテルを選択してカテーテライゼーションを行うことが標準的な手法である。しかし、経験に基づく難易度の判定もカテーテルの選択も見込みと異なることがあるため、結果的に手技時間の延長や放射線被曝の増加、標的血管へのカテーテライゼーションの失敗をもたらしうるのが現状の課題と言える。

そこで、今回の研究の目的は、1つ目として、Computed tomography (CT)やMagnetic resonance imaging (MRI)といった2次元画像データを3Dプリンターにて実体化して可視化することで、IVRを実施するために必要な情報をより正確かつ直感的に取得する、即ち現在よりもより治療の実行に則した精緻な画像診断を行えるようなシステムの構築を行うこと、2つ目として、実体化した血管モデルを対象に術者がカテーテル操作を行って修練することにより高精度のIVR技術を短時間で習得できるようなプロセスを構築すること、とした。

【対象と方法】

① 3Dプリンターによる実体モデルの作成

- (ア) 北海道大学病院倫理審査委員会への研究プロトコール申請を行う
- (イ) 腹部血管内治療を行った患者のCT検査のDICOM画像を基にCADでSTLに変換し、中腔型血管モデルを複数作製する
- (ウ) (イ)の発展的応用として、血管のみでなく、骨やその他の隣接臓器を個別に取り出して臓器毎に実体化モデルを作成することができるか、またそれらのモデルを組み立て、より人体に近いモデルを作成できるかどうか試みる

② IVRの模擬治療やトレーニングへの応用

- (ア) ①(イ)まで実施できたら、作成された中腔型血管モデルを用いてIVRの模擬治療やトレーニングを実施することができるかどうかを確認し、必要な改良を加える。
- (イ) 作成された中腔型血管モデルを用いてIVRの模擬治療やトレーニングを実施する(具体的なトレーニングの計画は検討中)。
- (ウ) ①(ウ)が実施できたら、作成されたモデルを用いてIVRの模擬治療やトレーニングを実施することができるかどうかを確認し、必要な改良を加える。

【予測される結果及び考察】

血管内治療を行う際は、術者が事前に患者の術前画像を参照し、標的血管の解剖学的特徴から、様々な形状や太さのカテーテルの中から特定のカテーテルを選択してカテーテライゼーションを行うことが標準的な手法であるが、カテーテルの選択が正解とは限らず、標的血管へのカテーテライゼーションに失敗すれば、別のカテーテルへ変更することになる。また初学者の場合は、そもそも個別のカテーテルを選択する根拠となる経験に乏しいため、on-the-job trainingが当然のように実施されてきた。しかし、これは手技の失敗や合併症発生の可能性も内包されている。

本研究にて目標としている中腔型血管モデルの作成では、3D-CT arteriographyのVolume Rendering (VR)像を実体化するため、画像から体内を想像していたこれまでと異なり、直接手に取って任意の方向・角度から観察することができるようになる。直視で血管形状の外観を観察できることは、同様に直視で観察できるカテーテルの太さや先端形状との対比を容易にすると予測される。これは、よりIVRの実行に則した精緻な画像診断と言える。

中腔型血管モデルの作成においては、血管形状の精緻な再現だけでなく、血管壁厚をできるだけ人体に近づけることや血管壁を透明に近くし、柔軟性を持たせることも目標としている。これまで報告されている血管モデルは、直視で不透明で、プラスチックの様に硬い特性であった⁷が、直視で透明で、壁に柔軟性を持たせた中腔型血管モデルを開発できれば、X線透視装置のない環境で、より人体に近い血管モデルを用いてカテーテル操作の修練やIVRの模擬治療を行うことが可能になる。カテーテル操作を繰り返して修練できることにより、実践的なIVR技術を短時間で習得できるようなプロセスを構築する基盤となると期待される。またIVRの模擬治療が実施できることは、習熟者にとっても高難度のIVRを計画通りに実施し成功させるためにも非常に有用であると考えられる。

本研究では、前述のように中腔型血管モデルの作成の一つの目標としているが、人体は血管という単一臓器だけでなく、

隣接する複数の臓器で構成されていることは言うまでもない。IVRには血管内治療のみでなく、経皮的穿刺による生検や焼灼療法^{8,9}やドレナージ治療^{10,11}といった非血管系IVRも存在する。このような経皮的穿刺による非血管系IVRの模擬治療や訓練を行おうとする場合には、貫通させたい或いは貫通させたくない複数の臓器を個別に実体化した上で組み合わせ、より人体に近いモデルを作成する必要があるのではないかと考えている。したがって、標的臓器に加えて骨やその他の隣接臓器を個別に取り出して臓器毎に実体化モデルを作成し、それらの実体化モデルを組み合わせ、より人体に近いモデルの作成を行うことも目標に掲げている。このような複数臓器を組み合わせた実体化モデルの報告はないが、作成に成功すれば、非血管系IVRの実践的な修練を行うことができ、中腔型血管モデル同様、IVR技術を短時間で習得できるようなプロセスを構築する基盤となると期待される。

【結語】

画像データの実体化による画像診断・IVR技術の高精度化を目指した研究を開始した。中腔型血管モデル、複数臓器を組み合わせた実体化モデルの作成と、それらを用いたIVR技術習得の基盤作りが可能となることを想定している。

【引用文献】

1. Yoon W, Kim JK, Jeong YY, Seo JJ, Park JG, Kang HK. Pelvic arterial hemorrhage in patients with pelvic fractures : detection with contrast-enhanced CT. *Radiographics*. 2004 ; 24 (6) : 1591-605 ; discussion 605-6.
2. Tanoue S, Kiyosue H, Mori H, Hori Y, Okahara M, Sagara Y. Maxillary artery : functional and imaging anatomy for safe and effective transcatheter treatment. *Radiographics*. 2013 ; 33 (7) : e209-24.
3. Noshier JL, Chung J, Brevetti LS, Graham AM, Siegel RL. Visceral and renal artery aneurysms : a pictorial essay on endovascular therapy. *Radiographics*. 2006 ; 26 (6) : 1687-704 ; quiz
4. Obara H, Kentaro M, Inoue M, Kitagawa Y. Current management strategies for visceral artery aneurysms : an overview. *Surg Today*. 2020 ; 50 (1) : 38-49.
5. Kamaya A, Maturen KE, Tye GA, Liu YI, Parti NN, Desser TS. Hypervascular liver lesions. *Semin Ultrasound CT MR*. 2009 ; 30 (5) : 387-407.
6. Horikawa M, Miyayama S, Irie T, Kaji T, Arai Y. Development of Conventional Transarterial Chemoembolization for Hepatocellular Carcinomas in Japan : Historical, Strategic, and Technical Review. *AJR Am J Roentgenol*. 2015 ; 205 (4) : 764-73.
7. Itagaki MW. Using 3D printed models for planning and guidance during endovascular intervention : a technical advance. *Diagn Interv Radiol*. 2015 ; 21 (4) : 338-41.
8. Zurcher K, Sugi MD, Naidu SG, Oklu R, Knuttinen G, Alzubaidi S, Eversman W, Dahiya N, Young SW, Kriegshauser JS. Multimodality Imaging Techniques for Performing Challenging Core Biopsies. *Radiographics*. 2020 ; 40 (3) : 910-1.
9. Zagoria RJ. Imaging-guided radiofrequency ablation of renal masses. *Radiographics*. 2004 ; 24 Suppl 1 : S59-71.
10. Maher MM, Gervais DA, Kalra MK, Lucey B, Sahani DV, Arellano R, Hahn PF, Mueller PR. The inaccessible or undrainable abscess : how to drain it. *Radiographics*. 2004 ; 24 (3) : 717-35.
11. Robert B, Yzet T, Regimbeau JM. Radiologic drainage of post-operative collections and abscesses. *J Visc Surg*. 2013 ; 150 (3 Suppl) : S11-8.